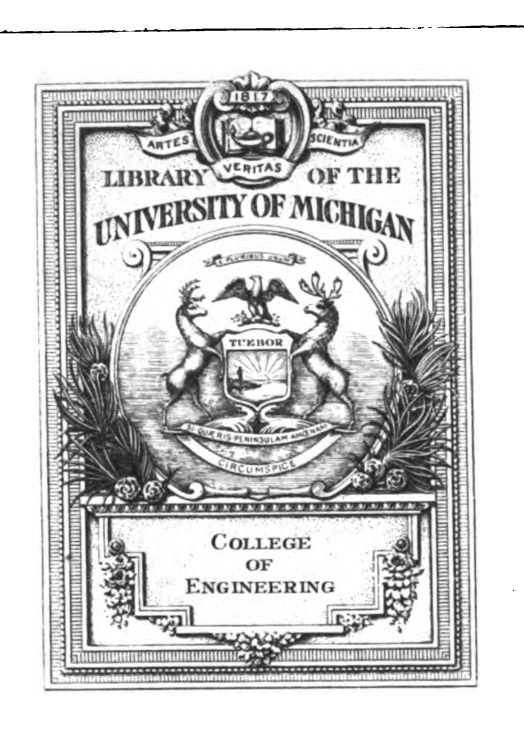
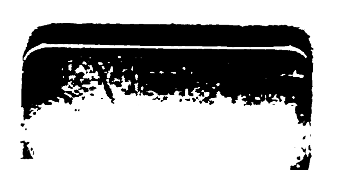

1817
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
CIRCUMSPICE
COLLEGE
OF
ENGINEERING



Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

62. Jahrgang

1941

II. Halbjahr

Berlin
Im Buchhandel durch Springer-Verlag
1941

Inhaltsverzeichnis

(II. Halbjahr 1941)

A. Sachverzeichnis

Zeichenerklärung: * = größerer Aufsatz. — Brf. = Brief an die ETZ. — B. = Berichtigung. — Vortr. = Vortrag. — Bespr. = Besprechung. *Arch.* = Archiv f. Elektrotechn. — *E u M* = Elektrotechnik und Maschinenbau.
Alle Zeichen stehen vor der Seitenzahl. Weitere Abkürzungen s. Abt. A IV, VDE.

I. Aufsätze, Rundschau und kleinere Mitteilungen

Digitized by Google

II. Persönliches

III. Schrifttum

Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ)

Buchbesprechungen

IV. Verbandsnachrichten

Verband Deutscher Elektrotechniker

VDE-Bestimmungen

(Änd. = Änderungen und Nachträge zu früheren Fassungen und bestehenden Bestimmungen
Entw. = vollständiger Abdruck von Entwürfen)

Normblätter

Prüfstelle des VDE

Verschiedenes

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen AEF

Bezirk Berlin

(vormals Elektrotechnischer Verein)

Einladungen

Vorträge

Andere Bezirke des VDE und andere Vereine

V. Geschäftliche Mitteilungen

B. Namenverzeichnis

Die Verfasser von Büchern sind nicht in diesem Verzeichnis, sondern unter Abteilung A III des Sachverzeichnisses aufgeführt
Persönliche Nachrichten siehe unter Abteilung A II des Sachverzeichnisses

Zeichenerklärung: * = größerer Aufsatz. — Brf. = Brief an die ETZ. — B. = Berichtigung. — Vortr. = Vortrag. — Bespr. = Besprechung
Arch. = Archiv f. Elektrotechn. — *E u M* = Elektrotechnik und Maschinenbau. — Alle Zeichen stehen vor der Seitenzahl

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 3. Juli 1941 | Heft 27

Herstellung und Eigenschaften gepreßter Dauermagnete

Von H. Dehler VDE, Köln

DK 621.318.2

Übersicht. Über die neuerdings bekanntgewordenen Herstellungsverfahren von gepreßten Dauermagneten wird berichtet. Auf die mechanischen und physikalischen Eigenschaften der in Deutschland am meisten benutzten Preßmagnete mit Kunstharzbindemittel wird näher eingegangen.

1. Neuere Ausgangswerkstoffe

a. Magnetische Gütewerte

Die letzten zehn Jahre brachten beachtliche Fortschritte beim Herstellen von Dauermagnetwerkstoffen. Vom Kohlenstoffstahl ging die Entwicklung über die Kobaltstähle zu den Aluminium-Nickelstählen, wobei sich erhebliche Unterschiede der an den Werkstoff gebundenen magnetischen Energie ergaben, wie Bild 1 zeigt. Während

1 Wolframstahl
2 Kobaltstahl
3 Aluminium-Nickelstahl
$\mathfrak{B} - \mathfrak{H} = 4\pi I$ Magnetisierungsintensität
$\mathfrak{B}$ Induktion im Magnetstahl
$-\mathfrak{H}$ Entmagnetisierungsfeldstärke
$A_1 \cdots A_3$ günstigste Arbeitspunkte der Magnetstähle
$\beta_1 \cdots \beta_3$ zugehörige Arbeitswinkel

Bild 1. Entmagnetisierungskurven verschiedener Magnetstähle.

der Entwicklungszeit sind verschiedene Stufen zu unterscheiden; auch die heutigen Ergebnisse werden mit unterschiedlichen Legierungen erreicht. Das Ziel aller Versuche war das Auffinden von Magnetwerkstoffen mit möglichst hohem Energieinhalt, da man mit kleineren Mengen an Werkstoff und mit kleiner bemessenen Magneten auskommen wollte.

Der größtmögliche Energieinhalt der Volumeneinheit eines Magnetwerkstoffes ist gegeben durch

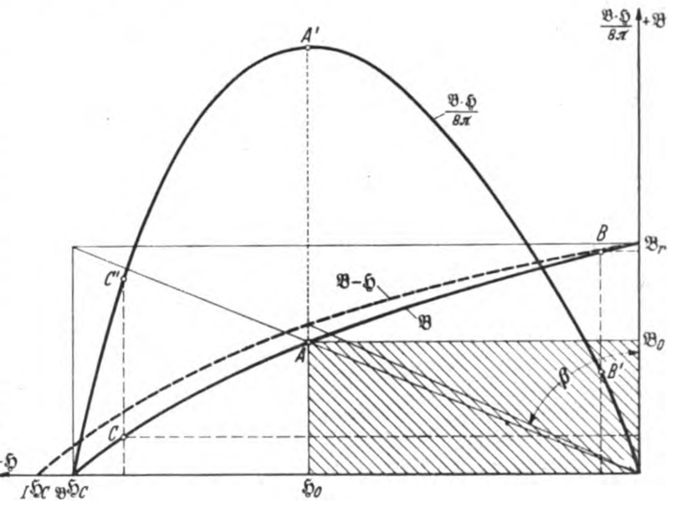
$$G = \frac{(\mathfrak{B}\,\mathfrak{H})_{\max}}{8\,\pi}\ (\text{Erg/cm}^3),$$

worin $\mathfrak{B}$ die Induktion in Gauß, $\mathfrak{H}$ die Feldstärke in Oersted bedeutet. Das Produkt $(\mathfrak{B}\,\mathfrak{H})_{\max}$ stellt das größte Rechteck unterhalb der Entmagnetisierungslinie dar (Bild 2).

Der aus der Forderung für energiereichsten Aufbau bei einem bestimmten Magnetwerkstoff sich ergebende Arbeitspunkt A auf der Entmagnetisierungsgeraden liegt bei den neuen Stoffen erheblich von der Ordinate entfernt; der Winkel β ist also größer geworden. Aus der Beziehung

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{N}{4\,\pi}$$

ergibt sich, daß der Entmagnetisierungsfaktor N bei größerem Winkel β auch größer wird, d. h. es müssen gedrungenere Formen angewandt werden, um den Magnetstahl richtig auszunutzen. Also kann ein magnetischer Kreis nicht einfach so umgeändert werden, daß an die Stelle eines minderwertigen Magnetwerkstoffes ein hochwertiger gleicher Form gesetzt wird. Erst beim Ändern der Form in der Weise, daß auch der dem neuen Werkstoff zugehörige Entmagnetisierungsfaktor für beste Energieausnutzung eingehalten wird, ergeben sich räumliche oder energiemäßige Vorteile. Die erreichten Werte gibt Tafel 1 an.



$+\mathfrak{B}$ Induktion im Magnetstahl
$\frac{\mathfrak{B}\,\mathfrak{H}}{8\pi}$ Energieinhalt des Magnetstahles
$\mathfrak{B}_r$ Remanenz
$-\mathfrak{H}$ Entmagnetisierungsfeldstärke
$\mathfrak{B} - \mathfrak{H} = 4\pi I$ Magnetisierungsintensität
${}_{\mathfrak{B}}\mathfrak{H}_c$ Induktionskoerzitivkraft
${}_{I}\mathfrak{H}_c$ Magnetisierungskoerzitivkraft
A günstigster Arbeitspunkt mit dem Induktionswert $\mathfrak{B}_0$ und der Feldstärke $\mathfrak{H}_0$
β bester Arbeitswinkel
$N_{opt} = 4\pi \operatorname{tg}\beta$ Entmagnetisierungsfaktor

Bild 2. Entmagnetisierungs- und Energiekurven eines Magnetstahles.

Tafel 1. Kennwerte mehrerer Magnetstahlsorten.

Stahlsorte	Remanenz $\mathfrak{B}_r$ [Gauß]	Koerzitivkraft $\mathfrak{H}_c$ [Oe]	$(\mathfrak{B}\,\mathfrak{H})_{max}$ [Gauß · Oe]	tg β	N_{opt}	Abmessungs-verhältnis l/d_{opt}
Wolframstahl	11 000	70	$3{,}6 \cdot 10^5$	0,006	0,075	9,0
Kobaltstahl	9 000	180	$6{,}0 \cdot 10^5$	0,02	0,25	4,8
Al-Nickelstahl	6 000	750	$15{,}0 \cdot 10^5$	0,11	1,4	1,6

b. Schwierigkeiten beim Herstellen und Verarbeiten

Die vorzüglichen Ergebnisse neuerer Magnetwerkstoffe werden dadurch erzielt, daß der Werkstoff sich in interkristallinen Spannungszuständen [1]*) befindet, die im wesentlichen durch Gefügeumwandlungen und Ausscheidungshärtung bedingt sind. Man erhält einen glasharten, spröden Werkstoff, der in die gewünschte Form gegossen wird und sich nachträglich nur noch durch Schleifen bearbeiten läßt. Sind die Magnete starken Erschütterungen ausgesetzt, so neigen sie zur Rissebildung, so daß meist Zerstörung eintritt. Zunächst ergibt sich bei feinen kleineren Rissen ein Verändern der magnetischen Werte. Infolge des durch die notwendigen inneren Spannungen bedingten Härtens und der besonderen Warmbehandlung ist die gleichmäßige Herstellung des Magnetwerkstoffes recht schwierig. Die notwendigen Herstelltoleranzen sind daher ziemlich groß [2].

Beim Gießen von Magneten mit verschieden starken Teilquerschnitten ergibt sich notwendigerweise durch die verschiedenen Abkühlverhältnisse eine Inhomogenität bei der späteren Magnetisierung. Durch besonderes Nachbehandeln lassen sich Verbesserungen erzielen; jedoch sind die Ergebnisse nicht immer befriedigend. Außerdem tritt leicht Lunkerbildung auf, wodurch ebenfalls verschiedene magnetische Werte hervorgerufen werden.

Aus vorstehenden Gründen werden kleine und komplizierte Formen nicht gegossen. Außerdem ist es beim Gießen von Al-Ni-Magneten unmöglich, kleine Löcher oder Einzelteile zum Halten mit einzugießen; denn die eingelegten Kerne halten nicht, und die Einpreßteile vertragen die hohe Verarbeitungstemperatur nicht. Nachträgliches Herstellen oder Nacharbeiten der Löcher und Nuten ist aber schwierig, kostspielig und zeitraubend, Herstellen von Gewinden unmöglich. Bei einigen Anwendungsgebieten müssen zusätzlich Eisenpolschuhe angebracht werden, wobei das Befestigen erhebliche Kosten verursacht. Daraus folgt, daß man gegossene Magnete vorteilhaft da anwendet, wo sich große einfache Formen ergeben, bei denen höchstens ein Überschleifen zweier Flächen notwendig ist.

2. Sintermagnete

a. Oxydmagnete

In der Praxis trat jedoch immer stärker der Wunsch nach Magnetwerkstoffen hervor, die in einfachem Verfahren in beliebiger Form, mit Einlegteilen versehen, wirtschaftlich hergestellt werden können. Daher wurde versucht, durch Sintern von Oxyden Magnete in beliebigen Formen herstellen zu können [3]. Man ging dabei so vor, daß z. B. die Oxyde von Kobalt (CoO) und Eisen (Fe_2O_3 und Fe_3O_4) miteinander vermischt und in einer Form verpreßt wurden, wobei der Preßdruck bis zu 5000 kg/cm² betrug. Danach wurde der Sintervorgang in einer neutralen Atmosphäre bei über 600 °C durchgeführt. Das erreichte spezifische Gewicht solcher Oxydmagnete ist 3,9 g/cm³; die magnetischen Werte betragen $\mathfrak{H}_c = 400$ bis 800 Oe, $\mathfrak{B}_r = 600$ bis 800 Gauß, $G = 7500$ Erg/cm³ [4] [5] [6]. Die Erfinder gaben $\mathfrak{H}_c = 600$ Oe, $\mathfrak{B}_r = 3000$ Gauß, $G = 30\,000$ Erg/cm³ an, was aber noch nicht bestätigt wurde. Diese Magnete sollen recht spröde sein.

*) Die Zahlen in eckigen Klammern [ ] beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Aufsatzes.

b. Aluminium-Nickel-Eisen-Magnete

Vor einigen Monaten wurden Versuchsergebnisse über gesinterte Al-Ni-Fe-Legierungen veröffentlicht [7]. Gute Erfolge wurden unter Benutzen von Vorlegierungen Al-Ni oder Al-Fe erzielt. Neben der richtigen Wahl der Sintertemperatur und der Vorlegierungszusammensetzung ist die Anwendung hoher Preßdrucke vor dem Sintern wichtig. Dabei werden Korngrößen von 0,06 bis 0,09 mm und Preßdrucke bis 5000 kg/cm² genannt. Die erreichten magnetischen Werte sind $\mathfrak{H}_c \approx 450$ Oe, $\mathfrak{B}_r \approx 5000$ Gauß, der $(\mathfrak{B}\,\mathfrak{H})$-Wert wird nicht angegeben. Die Magnete sollen gleichmäßig sein; einer allgemeinen Einführung steht aber ihr hoher Preis entgegen [8]. Ein Verbessern wird durch Zusätze, wie Co und Cu, erstrebt. Eine Änderung der Sintertechnik, wie etwa das Sintern unter hohen Drucken, bietet zunächst apparative Schwierigkeiten, die noch nicht ganz überwunden sind [9].

Auch von ausländischer Seite sind gute Ergebnisse genannt worden [10]. Demnächst sollen die von einer anderen deutschen Stelle erzielten Ergebnisse veröffentlicht werden [11].

3. Pulvermagnete

Bei den Pulvermagneten wird der fertige Magnetwerkstoff im zerkleinerten Zustand in Hülsen, Büchsen, Kästen u. a. eingepreßt. Die letztgenannten Teile geben dem Magneten die äußere Gestalt und stellen einen bleibenden Bestandteil von ihm dar. Auch bei Pulvermagneten wurde der Gedanke der Zerkleinerung des Werkstoffes beibehalten, nur daß nicht mehr von den einzelnen Legierungsbestandteilen ausgegangen wird, sondern vom fertigen Magnetwerkstoff.

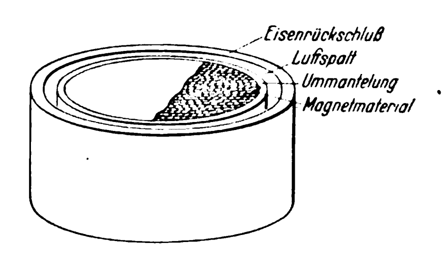


Bild 3. Pulvermagnet in Kernmagnetanordnung.

Bei diesem Verfahren ergeben sich Nachteile dadurch, daß in den meisten Fällen die Ummantelung des Magnetmaterials den notwendigen Luftspalt unzulässig vergrößert (Bild 3). Außerdem ist eine sichere Lage des eigentlichen Magneten in seiner Hülse nicht gewährleistet, was aber für die Beständigkeit der magnetischen Werte notwendig ist.

4. Preßmagnete mit Kunstharzbindemittel

Ein anderes Verfahren zum Herstellen von Preßmagneten benutzt ebenfalls zerkleinerten fertigen Magnetwerkstoff, der mit einem pulverisierten Bindemittel in stählernen Preßformen gepreßt wird, wobei sich das aus Kondensations- bzw. Polymerisationsharzen bestehende Bindemittel verfestigt. Der aus der Preßform kommende Magnet besitzt seine endgültige Gestalt. Dieses Magnetmaterial wird unter dem Namen Tromalit [12] [13] [14] hergestellt.

Grundsätzlich ist über die Herstellung von Magneten aus zerkleinertem Magnetwerkstoff anzugeben, daß auch

beim Anwenden hoher Drucke das Herstellen von Preßmagneten mit guten magnetischen Werten auf hochkoerzitives Material beschränkt bleibt. Nur bei diesem spielen die zusätzlich im Innern vorhandenen Luftspalte keine große Rolle; denn der Luftspalt muß groß sein, um im Gebiet von $(\mathfrak{B}\,\mathfrak{H})_{max}$ zu arbeiten, wie noch weiter unten deutlich wird. Der bei diesen Werkstoffen vorhandene Abfall des Energieinhaltes der Raumeinheit kann meist durch günstige Formwahl aufgehoben werden. Im folgenden wird die Herstellung der Preßmagnete mit Kunstharzbindemittel beschrieben.

a. Zerkleinern

Beim Herstellen wird zunächst der Ausgangsstoff (Oerstit, Koerzit, neuer Hondastahl u. a.) in Backenbrechern und Kugelmühlen zerkleinert. Angeliefert wird das Material in einer geeigneten Querschnittsform, die im Gegensatz zu der vorgegebenen Form bei gegossenen Magneten beliebig ist. Auch Trichter und Knochen können zerkleinert werden, was für den Hersteller des Ausgangswerkstoffes wünschenswert ist, denn normalerweise bietet sonst das Weiterverarbeiten dieser Teile Schwierigkeiten. Auch die Verarbeitung von sprödem, mit Lunkern und Rissen behaftetem Rohmaterial ist möglich. Das Zerkleinern geschieht so lange, bis die größte gewünschte Korngröße in genügender Menge vorhanden ist, wobei schon vorher andere Korngrößen entfernt werden können.

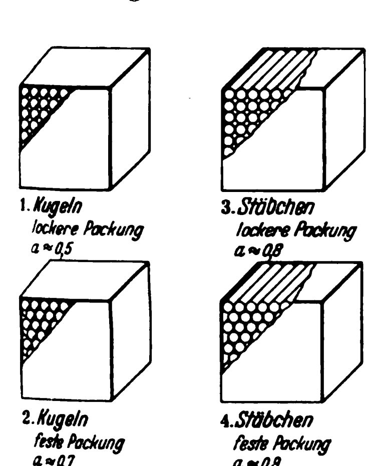
Der Anfall der verschiedenen Körnungen ist von der Eigenart des Werkstoffes und der Zerkleinerungsdauer abhängig. Je nach Werkstoff und Wärmebehandlung ergeben sich Körner, die mehr Kugel- oder mehr Stäbchenform besitzen.

b. Sieben und Mischen

Nach dem Zerkleinern wird der Rohstoff gesiebt; als gröbste Körner werden meist solche benutzt, die durch ein Sieb von 1,2 mm Maschenweite noch hindurchgehen, aber auf einem Sieb von 1,0 mm Maschenweite liegenbleiben. Die Abstufungen entsprechen etwa DIN 1171, doch werden auch darunter noch einige Siebe benutzt. Das feinste Sieb hat eine Maschenweite von 0,035 mm, doch wird auch Material unterhalb dieser Korngröße in geringem Umfange benutzt. Die kleinsten Körnchen haben nur einige µ Kantenlänge.

Das Sieben hat den Zweck, später das Preßmaterial in einer besonders vorteilhaften Körnungsverteilung mischen zu können. Dabei kommt es darauf an, einen guten Füllfaktor zu erreichen; denn dadurch wird der Energieinhalt je cm³ gesteigert. Der Füllfaktor a ist gegeben aus der Beziehung $a = \varrho_x/\varrho_0$, worin ϱ_x das spezifische Gewicht des gepreßten Magnetwerkstoffes und ϱ_0 das spezifische Gewicht des Ausgangsstoffes bedeutet.

In Bild 4 wird gezeigt, wie die Form der Körnchen, die vom Ausgangsmaterial abhängig ist, für den Füllfaktor wichtig ist. Die meistens vorkommenden Körnchen



1 Kugeln in lockerer Packung, $a \approx 0{,}5$
2 Kugeln in fester Packung, $a \approx 0{,}7$
3 Stäbchen in lockerer Packung, $a \approx 0{,}8$
4 Stäbchen in fester Packung, $a \approx 0{,}9$

Bild 4. Einfluß der Kornform auf den erreichbaren Füllfaktor.

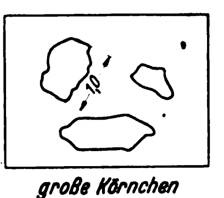
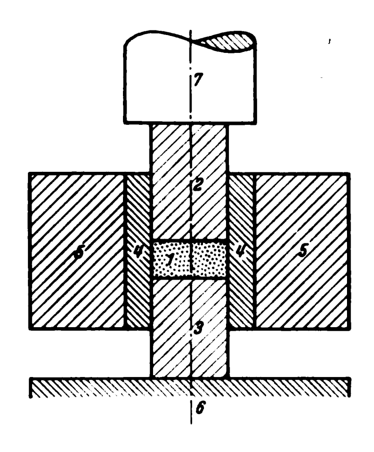


Bild 5. Vorkommende Körnchen.

sind in Bild 5 gezeigt. Die Form liegt zwischen Kugel und Stäbchen, so daß bei gleichen Körnchen und teilweise fester, teilweise lockerer Packung ein Füllfaktor von $a = 0{,}7$ zu erwarten ist, was mit den Ergebnissen beim Verwenden nur einer Korngröße vollkommen übereinstimmt. Aus Bild 4 geht auch sofort hervor, daß es notwendig ist, verschiedene Korngrößen zu nehmen, um den Füllfaktor zu erhöhen. Die Zwischenräume müssen nämlich mit mittleren und kleinen Körnchen ausgefüllt werden. Ohne große Mühe kommt man auf $a = 0{,}8$, durch bessere Auswahl der Körnungen und gutes Mischen auch auf $a = 0{,}9$. Höhere Werte sind nur schwer zu erreichen. Diese Werte gelten für Preßmagnete, die mit einem aushärtbaren Bindemittel unter hohem Druck hergestellt werden und das Bindemittel nach dem Preßvorgang auch noch enthalten.

c. Pressen und Preßformen

Als Bindemittel werden meist Kunstharze benutzt, die bei Temperaturen von etwa 200 °C in rd. 1 min aushärten; bewährt haben sich z. B. Phenol- und Polyvinylchloridharz. Eine andere Preßtemperatur bedingt eine entsprechend veränderliche notwendige Härtezeit derart, daß bei fallender Temperatur die Härtezeit steigt. Die erforderlichen Drucke liegen meist über 1000 kg/cm². Sollen hohe Füllfaktoren erzielt werden, so geht man auf über 4000 kg/cm².



1 Preßmagnet als Werkstück
2 oberer Preßstempel
3 unterer Preßstempel
4 Büchse
5 Schrumpfring
6 Tisch der Presse
7 Stempel der Presse

Bild 6. Schema einer Preßform.

Bild 6 zeigt das Schema einer Preßform. Bei Versuchsformen wird meist mit der Gasflamme erwärmt, bei Fabrikationsformen wird elektrisch geheizt und geregelt. Die Temperatur wird mit Thermoelementen, bei Versuchen auch mit Temperaturfarben oder Temperatursalz gemessen. Bei den Preßformen müssen die Teile *2*, *3* und *4* aus hochwertigem Warmarbeitsstahl sein. Um beim Beschädigen dieser Teile Unfälle durch Zerspringen der glasharten Form zu vermeiden, sitzt die Büchse *4* in dem weichen Schrumpfring *5*.

Beim Herstellen wird die notwendige Menge mit einigen % Bindemittel vermischten Materials abgewogen und in die heiße Form eingefüllt. Handelt es sich um eine verwickelte Magnetform oder um Vielfachpreßformen, wobei das Einfüllen des Werkstoffes zuviel Zeit erfordern würde, so werden vorher Tabletten hergestellt, die dann in die Fabrikationsform eingelegt werden. Die Tabletten werden bei geringerem Druck und bei einer solchen Tem-

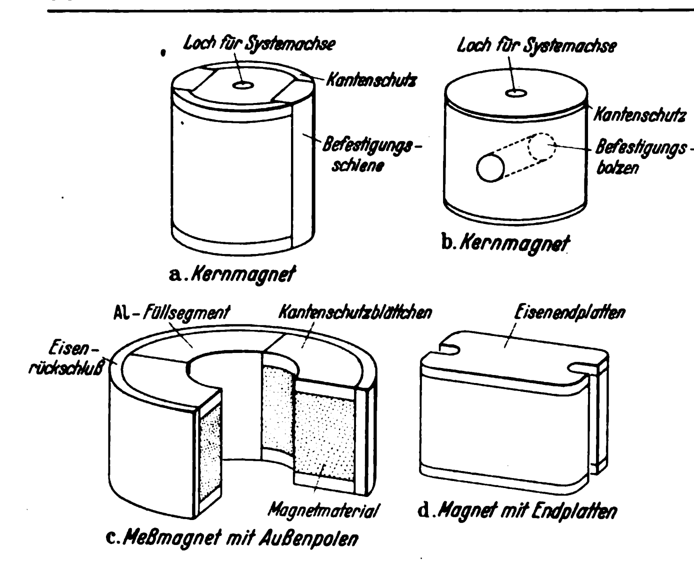


Bild 7. Beispiele möglicher Preßmagnetformen.

peratur gepreßt, daß das Bindemittel noch nicht aushärten kann.

Werden beim Preßvorgang Werkstoffmenge, Temperatur und Preßzeit eingehalten, so können die Preßlinge mit einer geringen Höhentoleranz hergestellt werden. Alle anderen Maße sind ebenfalls auf einige $^1/_{100}$ mm genau einzuhalten. Meistens wird ohne Begrenzung in der Preßrichtung gepreßt; nur in seltenen Fällen wird von einem Anschlag für den Preßstempel Gebrauch gemacht.

d. Gestaltung der Preßlinge

In Bild 7a bis d sind einige für Preßmagnete mögliche Magnetformen gezeigt, bei denen auf folgende Einzelheiten hingewiesen sei:

Einpreßteile dienen zum Halten des Magneten oder anderer Teile an ihm, zum Lagern einer Drehspule bei Meßgeräten, zum Befestigen einer Drehachse für den Magneten selbst, sofern man diese nicht gleich mit einpreßt. Kleine Löcher bis zu etwa 1 mm Dmr. als untere Grenze können ohne Schwierigkeit hergestellt werden; sie werden zum Befestigen gebraucht oder bei Kernmagneten für Drehspulmeßgeräte für die durchgehende Systemachse benötigt. Kleine Magnete mit einem Rauminhalt von Bruchteilen eines cm^3 und einem Gewicht von einigen $^1/_{10}$ g können ebenfalls durch Pressen hergestellt werden. Komplizierte Formen mit verschiedenen Querschnitten und fast beliebig geformten Begrenzungsflächen sind gleichfalls preßbar. Mit Hilfe von eingepreßten Ringen oder Blättchen aus Metall wird ein Kantenschutz bei Magneten angewandt, die im Betrieb oder bei der Montage rauher Behandlung ausgesetzt sind.

e. Mechanische Eigenschaften von Preßmagneten

Ein unter normalen Bedingungen gepreßter Magnet hat etwa eine Biegefestigkeit von 120 kg/cm² und eine Druckfestigkeit von etwa 1200 kg/cm². Sein spezifisches Gewicht ϱ beträgt etwa 5,5 bis 6 g/cm³, während das Ausgangsmaterial (Oerstit, Koerzit) $\varrho_a \approx 7$ g/cm³ hat.

Das Bindemittel stellt eine elastische Verbindung zwischen den Magnetkörnern dar, so daß der Werkstoff harten dauernden Stößen ausgesetzt werden kann, ohne Rißbildung und Nachlassen der magnetischen Werte zu zeigen. Die Verwendung in Fahrraddynamos und Tachometern für Lastwagen mit Dieselmotorenantrieb beweist das gute Verhalten des Bindemittels, das in seiner Auswahl den jeweils auftretenden mechanischen und thermischen Betriebsbedingungen angepaßt werden kann. Kleine sechspolige Gebermagnete von 45 mm Dmr. und 75 g Gewicht laufen mit 12 000 U/min, ohne beschädigt zu werden, was einer Umfangsgeschwindigkeit von rd. 28 m/s entspricht.

Unterhalb der Preßtemperatur ändern sich die mechanischen Eigenschaften des Magneten beim Erwärmen nur unwesentlich. Preßmagnete mit Kunstharzbindemittel wurden tagelang auf einer Temperatur von 150 °C gehalten, ohne Schaden zu nehmen. Beim 20stündigen Erhitzen der Magnete auf 300 °C verbrannte das Bindemittel, und die Magnete verloren ihre Festigkeit.

Normalerweise werden die Magnete ohne Kantenschutz gepreßt, denn in den meisten Fällen werden sie in solchen Geräten benutzt, bei denen nach dem Einbau ein Beschädigen kaum mehr möglich ist. Dies ist z. B. der Fall bei Tachometern, Dynamos und vielen Meßgeräten, die sich bereits in großen Stückzahlen bewährt haben. Ist jedoch im Gebrauch oder beim Zusammenbau ein Beschädigen der Kanten denkbar, so können sie durch eingelegte Blättchen oder Ringe geschützt werden, so daß z. B. Fallproben aus 3 m Höhe ohne Beschädigen der Teile beliebig oft ausgeführt werden können. Das beim Preßvorgang zunächst flüssig werdende Bindemittel tritt an der Oberfläche als ein feiner, harter und glänzender Film aus, wodurch die Magnete überdies ein schönes Aussehen erhalten.

f. Magnetische Eigenschaften der Preßmagnete

Wie sich das Zerkleinern bei verschiedenen Werkstoffen bezüglich der Änderung der magnetischen Werte bemerkbar macht, wird in Bild 8 und Tafel 2 gezeigt. Die Al-Ni-Stähle verhalten sich am günstigsten; Zerkleinern von Wolfram oder Kobaltstählen kommt daher kaum in Betracht. Wie sich Remanenz und Gütewerte von Al-Ni-Stahl ändert, wird in Bild 9 gezeigt.

Die Koerzitivkraft bleibt bestehen, weil sie bekanntlich unabhängig von der Probenform ist, also auch von der Zerkleinerung. Die Remanenz $\mathfrak{B}_r$ sinkt auf $\mathfrak{B}_r' \approx 0{,}70 \cdot \mathfrak{B}_r$, der Gütewert G auf $G' \approx 0{,}6 \cdot G$, die beste Ausnutzung findet bei einem größeren Entmagnetisierungsfaktor statt. Vor dem Zerkleinern ist $\operatorname{tg} \beta \approx 0{,}1$,

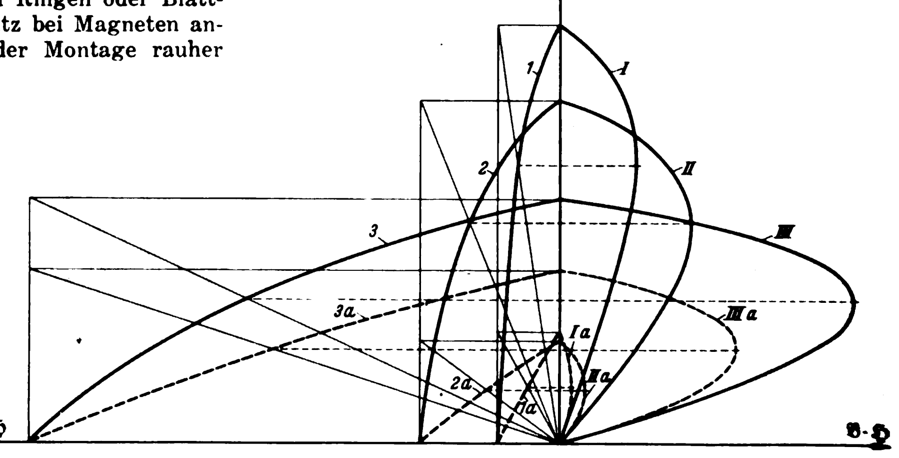


Bild 8. Kennwerte verschiedener Magnetstoffe vor und nach dem Zerkleinern.

Tafel 2. Kennwerte verschiedener Magnetwerkstoffe vor und nach dem Zerkleinern.

Stahlsorte	$\mathfrak{B}_r$ [Gauß]	$\mathfrak{B}'_r$ [Gauß]	$(\mathfrak{B}\,\mathfrak{H})_{max}$ [Gauß · Oe]	$(\mathfrak{B}\,\mathfrak{H})'_{max}$ [Gauß · Oe]	$\eta = \frac{(\mathfrak{B}\,\mathfrak{H})_{max}}{\mathfrak{B}_r\,\mathfrak{H}_c}$	$\eta' = \frac{(\mathfrak{B}\,\mathfrak{H})'_{max}}{\mathfrak{B}'_r\,\mathfrak{H}_c}$
Wolfram	11 000	2 900	$4 \cdot 10^5$	$0{,}65 \cdot 10^5$	0,440	0,27
Kobalt	9 000	2 700	$6{,}9 \cdot 10^5$	$1{,}40 \cdot 10^5$	0,415	0,28
Al-Ni	6 400	4 500	$15{,}6 \cdot 10^5$	$9{,}4 \cdot 10^5$	0,325	0,28

$\mathfrak{B}_r$ Remanenz, $(\mathfrak{B}\,\mathfrak{H})_{max}$ Leistungsprodukt, η Ausbauchungsfaktor } vor dem Zerkleinern
$\mathfrak{B}'_r$ Remanenz, $(\mathfrak{B}\,\mathfrak{H})'_{max}$ Leistungsprodukt, η' Ausbauchungsfaktor } nach dem Zerkleinern

Tafel 3. Kennwerte von Tromalit.

Remanenz $\mathfrak{B}_r$ [Gauß]	Koerzitivkraft $\mathfrak{H}_c$ [Oe]	$(\mathfrak{B}\,\mathfrak{H})_{max}$ [Gauß · Oe]	tg β	N_{opt}	Abmessungsverhältnis l/d_{opt}
3500 ··· 4800	500 ··· 800	$6 \cdot 10^5 \cdots 12 \cdot 10^5$	$\approx 0{,}13$	$\approx 1{,}65$	$\approx 1{,}4$

danach tg $\beta' \approx 0{,}13$. Der sogenannte Ausbauchungsfaktor $\gamma = \frac{(\mathfrak{B}\,\mathfrak{H})_{max}}{\mathfrak{B}_r\,\mathfrak{H}_c}$ geht auf $\gamma' \approx 0{,}85 \cdot \gamma$ herunter, die Entmagnetisierungskurve bei Preßmagneten wird gerader. In Tafel 3 sind die magnetischen Kennwerte von Tromalit zusammengestellt.

Bei einigen Anwendungsfällen kommt es nicht auf den Energieinhalt der Raumeinheit, sondern der Gewichtseinheit an, z. B. bei kleinen Drehmagnetsystemen. Auf die Gewichtseinheit bezogen wird der Abfall des Energieinhaltes bei Preßmagneten noch geringer, weil das spezifische Gewicht kleiner ist.

Welche Werte der scheinbaren Remanenz sich bei verschiedenen β-Werten ergeben, zeigt Bild 10. Der Abfall ist bei Preßmagneten mit großem Entmagnetisierungsfaktor am kleinsten, was ebenfalls in Bild 10 rechts eingezeichnet ist.

Bei der in Bild 11 gezeigten Anordnung eines Kernmagneten wurde mit gegossenem Oerstit 800 eine maximale Luftspaltinduktion von 2260 Gauß erzielt, während mit dem daraus hergestellten Preßmagneten 1720 Gauß erreicht wurde. Das entspricht einem Abfall der Induktion von nicht ganz 25 %. Je größer der Luftspalt oder je kleiner der Kern ist, um so geringer wird der Unterschied. Die bei offenen Magneten erreichten magnetischen Momente je g Magnetgewicht sind als Funktion des Entmagnetisierungsfaktors in Bild 12 gezeigt.

Preßmagnete werden vorteilhaft bei großen Entmagnetisierungsfaktoren und bei gedrungenen Formen angewandt. Das Herstellen von Magneten mit gleichmäßigem magnetischen Moment kann auch durch Beigabe von Füllmitteln, z. B. metallischer Art, wie Eisen-, Kupfer- oder Aluminiumpulver, geschehen.

Infolge guter Durchmischung und Fehlen von Lunkern ergibt sich beim Pressen mit Kunstharzbindemitteln ein vollkommen homogenes Magnetmaterial. Durch Zusatz von Ausgangswerkstoff mit schlechteren oder besse-

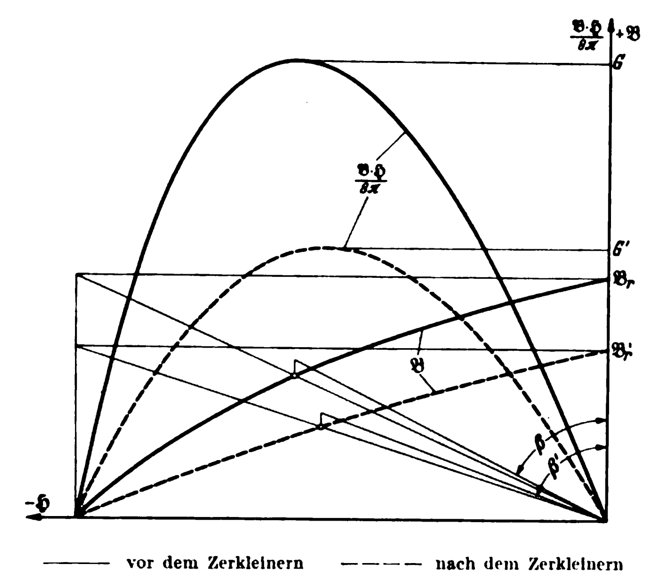


Bild 9. Vergleich der magnetischen Kennwerte des Ausgangswerkstoffes und des zerkleinerten Materials (Al-Ni-Stahl).

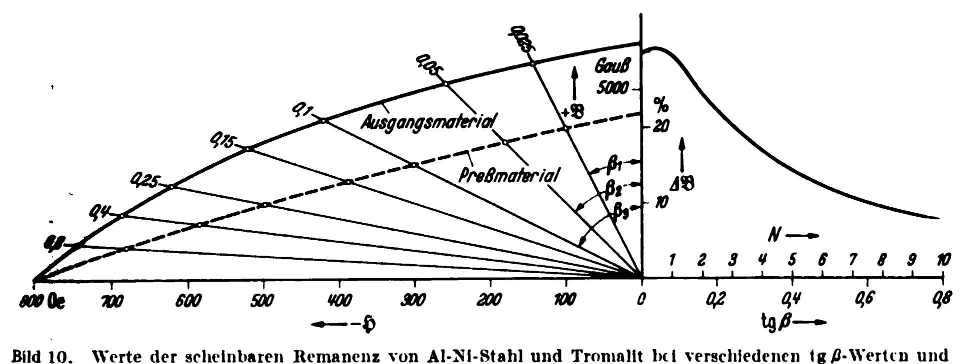


Bild 10. Werte der scheinbaren Remanenz von Al-Ni-Stahl und Tromalit bei verschiedenen tg β-Werten und prozentualer Unterschied.

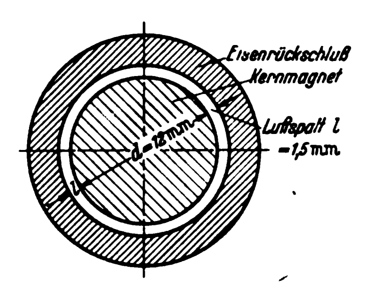


Bild 11. Schnitt durch Kernmagnetanordnung.

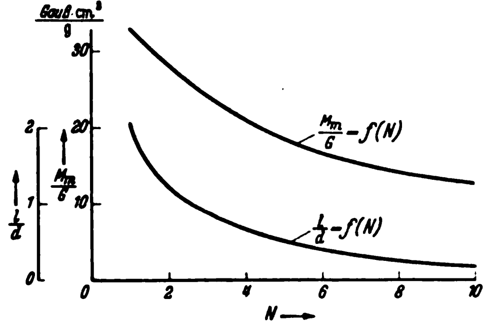


Bild 12. Magnetisches Moment je Gramm Magnetgewicht von Tromalit und Abmessungsverhältnis l/d in Abhängigkeit vom Entmagnetisierungsfaktor N.

ren Werten lassen sich die Preßmagnete mit geringen Toleranzen der magnetischen Werte herstellen; ohne große Mühe werden ± 4 % eingehalten. Eine gewünschte magnetische Toleranz von ± 2 % würde eine öftere Kontrolle und Ändern des Preßwerkstoffes erfordern, also einer Preiserhöhung gleichkommen.

Die Alterung der Magnete wird wie üblich, z. B. durch mehrstündiges Erhitzen auf rd. 120 ° C, durchgeführt, wobei wie bei den Al-Ni-Stählen ein Schwächen von rd. 2 bis 3 % eintritt. Der magnetische Temperaturkoeffizient beträgt wie beim Ausgangsmaterial etwa 0,000 28 Einheiten je ° C. In einigen Fällen, wie bei Tachometern, Meßinstrumenten u. a., ist es erwünscht, dem Magneten einen solchen Temperaturkoeffizienten zu geben, daß die Temperaturabhängigkeit sonstiger Geräteteile ausgeglichen wird. Bei Preßmagneten kann man den dazu meistens benutzten Thermoperm-Nebenschluß in Blättchen- oder Pulverform an- oder einpressen.

Zusammenfassung

Die Gütewerte gegossener Magnetwerkstoffe konnten gesteigert werden; jedoch bereitet es noch Schwierigkeiten, gleichmäßige Magnete wirtschaftlich herzustellen. Dabei ist das Erreichen sauberer Löcher und einer Halterungsmöglichkeit besonders wichtig. Auch das Gießen verwickelter kleiner Magnete ist schwierig. Daher wurde ein einfaches Preßverfahren entwickelt, um vollkommen homogene Magnete mit beliebigen Einlegteilen und Löchern möglichst ohne erforderliche Nacharbeit wirtschaftlich herzustellen. Die Sinter- und Pulvermagnete führten noch nicht zu den gewünschten Ergebnissen, während Preßmagnete aus zerkleinertem Al-Ni-Stahl unter Zusatz eines Bindemittels aus Kunstharzen vorteilhaft sind. Nach Schildern der Verarbeitung durch Zerkleinern, Sieben, Mischen und Pressen wurden Anwendungsmöglichkeiten gezeigt, wobei das Herstellen kleiner Löcher und das Einpressen von Halterungsteilen möglich ist. Auch die mechanischen und magnetischen Eigenschaften wurden genannt. Bei einigen wichtigen Anwendungsfällen beträgt der Abfall der magnetischen Werte des Preßmagneten gegenüber der gegossenen Ausführung, sofern letztere überhaupt herstellbar ist, bei gleicher Formgebung nur 25 %. Infolge der leichteren Formgebungsmöglichkeit der Preßmagnete läßt sich meist auch dieser Abfall noch vermeiden. Ganz wesentlich ist jedoch die größere Wirtschaftlichkeit der Preßmagnete, da die Schleifarbeit, wie sie bei gegossenen Magneten nötig ist, wegfällt.

Aus dem Schrifttum

[1] A. Kußmann, Z. VDI 83 (1939) S. 455.
[2] H. Neumann, Arch. techn. Messen (1937) Z 912—1.
[3] Y. Kato u. T. Takei, J. Inst. electr. Engrs. Jap. Suppl. 53 (1933) S. 408; USA-Patente Nr. 1 976 230 und 1 997 193.
[4] W. Jellinghaus, Hochfrequenztechn. 48 (1936) S. 58.
[5] K. Honda, Sci. Rep. nat. Tsing. Hua Univers. (China) 23 (1934) S. 387.
[6] V. H. Gottschalk u. C. W. Davis, Nature, Lond. 132 (1933) S. 513.
[7] G. Ritzau, Wiss. Veröff. Siemens-Werk., Werkstoff-Sonderheft (1940) S. 37.
[8] H. Neumann, Arch. techn. Messen (1941) Z 60 — 4.
[9] W. D. Jones, Metal Ind., Lond. 19 (1940) S. 69.
[10] G. H. Howe, Iron Age 145 (1940) S. 27 bis 31.
[11] W. Hotop, Stahl u. Eisen, demnächst.
[12] M. Baermann, DRP. Nr. 656 966.
[13] A. Kußmann, Arch. Elektrotechn. 79 (1935) S. 329.
[14] A. Kußmann, Z. VDI 79 (1935) S. 1173.

Mechanische Gleichrichter und ihre Anwendung in der Meßtechnik

Von Walther A. E. Peters VDE, Berlin

DK 621.314.62 : 621.317.3

Übersicht. Die wichtigsten Arten mechanischer Gleichrichter und ihre Anforderungen im Betrieb unter besonderer Berücksichtigung der Schwinggleichrichter werden betrachtet. Die praktische und einfache Verwendung für die Meßtechnik wird an einigen Meßbeispielen gezeigt.

Gleichrichter sind für die Wechselstrom-Meßtechnik von großer Bedeutung; dabei werden als Gleichrichter alle stromrichtungsabhängigen Widerstände bezeichnet, nur wenige haben jedoch technische Bedeutung. Allen Arten ist gemeinsam, daß in der einen Stromrichtung, der Durchlaßrichtung, ein möglichst kleiner, in der anderen Stromrichtung, der Sperrichtung, ein möglichst großer Widerstand angestrebt ist, d. h. es wird eine gute Ventilwirkung gefordert.

1. Wichtigste Gleichrichterarten

a. Selbstgesteuerte Gleichrichter (Bild 1 a)

Besonders verbreitet sind in der Meßtechnik die Trocken- bzw. Sperrschichtgleichrichter. Sie sind aber mehr oder weniger strom-, spannungs- und temperaturabhängig und einer gewissen Alterung unterworfen. Da eine Richtwirkung erst von einem bestimmten Spannungswert, bei Kupferoxydulgleichrichtern etwa ab 50 mV und bei Selengleichrichtern ab rd. 100 mV beginnt, sind diese Gleichrichter nicht ohne weiteres für kleine Spannungen oder gar für Nullverfahren zu gebrauchen.

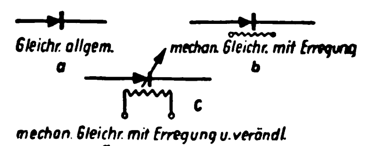


Bild 1. Grundsätzliche Schaltzeichen für Gleichrichter.

b. Fremdgesteuerte phasenempfindliche Gleichrichter (Bild 1 b und c)

Im Gegensatz zum Sperrschichtgleichrichter werden hierbei mindestens zwei Kreise, ein Meßkreis und ein Steuerkreis, benötigt.

α) Sperrschicht-Gleichrichter

Durch eine gesondert zugeführte Vorspannung kann der Sperrschicht-Gleichrichter in Brückenschaltungen phasenempfindlich geschaltet werden. Bedingung ist, daß die verwendeten Zellen gleiche Kennlinien, Strom-, Spannungs- und Temperaturabhängigkeit besitzen.

β) Mechanische Gleichrichter

Unter mechanischen Gleichrichtern versteht man heute allgemein Schalter, die synchron mit der Meßspannung geöffnet oder geschlossen werden. Der mechanische Gleichrichter arbeitet grundsätzlich so, daß er die beim vorgespannten Trockengleichrichter durch die Vorspannung erreichte Widerstandsänderung durch gesteuerte mechanische Kontakte bewirkt. Man unterscheidet umlaufende und Schwingkontakt-Gleichrichter. Bei ersteren wird mittels eines oder mehrerer Schleifkontakte und einer synchron mit der Meßspannung umlaufenden Schaltwalze Kontakt gegeben. Beim Schwinggleichrichter geschieht dagegen die Kontaktgabe durch einen von einem Wechselfeld gesteuerten Federkontakt.

Die Kontaktzeit beträgt bei allen Gleichrichtern normalerweise eine halbe Periode, d. h. ein Kontakt ist eine halbe Periode geöffnet, danach eine halbe Periode geschlossen usw. Durch Zwischenschalten eines Phasenschiebers in den Erregerkreis oder durch Verstellen der Kommutatorbürsten bei umlaufenden Gleichrichtern läßt sich die Phasenlage der Erregung gegenüber der Meßspannung verändern.

Bei hohen Frequenzen, in denen eine mechanische Gleichrichtung unmöglich ist, verwendet man phasenempfindlich geschaltete Trockengleichrichter. Der mechanische Gleichrichter dagegen zeichnet sich aus durch ein ideales Widerstandsverhältnis von Sperrwiderstand zu Durchlaßwiderstand von über 10^9 bei guter Isolation und beliebig kleinen Spannungen an den Kontakten. Praktisch wird dabei also keine Leistung im Meßkreis verbraucht. Die Gleichrichtereigenschaften sind von den angelegten Spannungen und von anderen Einflüssen, wie Temperatur und Alterung, weitgehend unabhängig. Aus diesem Grunde setzt sich die Verwendung derartiger mechanischer Gleichrichter für hohe Anforderungen immer mehr durch. Amplitudenmessungen sind mit großer Genauigkeit durchführbar, denn bei einem Fehler der Schaltdauer von 2 ° tritt bei sinusförmigem Verlauf der Meßgröße erst ein Fehler von 0,15 ‰ auf.

2. Anforderungen an mechanische Gleichrichter

Die Meßtechnik stellt an mechanische Gleichrichter folgende Hauptbedingungen:

1. Hohe Konstanz der Schaltgenauigkeit und Schaltphase,
2. Vermeiden abnutzbarer Teile, durch die Meßfehler entstehen könnten, und damit große Lebensdauer,
3. vielseitige Verwendungsmöglichkeit bei kleinem Raumbedarf und Vermeiden jeglicher Wartung,
4. Widerstand in Durchlaßrichtung nur Bruchteile von 1 Ω, in Sperrichtung größer als 10 MΩ sowie Unabhängigkeit der Widerstandswerte von Meßstrom, Spannung und Temperatur,
5. sofortige Betriebsbereitschaft beim Anschließen zur raschen Durchführung einer Messung.

3. Beschreibung mechanischer Gleichrichter

a. Umlaufende Gleichrichter

Ein der Meßtechnik in den letzten Jahren dienendes brauchbares Gerät war der umlaufende Gleichrichter [1]*) nach Bild 2. Ein kleiner selbstanlaufender Synchron-

Bild 2. Umlaufender Gleichrichter.

uhrenmotor trägt auf seiner Welle eine kommutatorartige Walze mit eingelegten Metallsegmenten. Diese sind in einfacher Weise so angeordnet, daß die Bürsten dauernd auf Metall schleifen; das ist von großer Wichtigkeit für die Betriebssicherheit und Lebensdauer. Beim abwechselnden Schleifen der Bürsten auf Isolierstoff und Metall würde nämlich das Isoliermaterial schneller abgeschliffen werden, wodurch sich störende Zwischenschichten auf der Kontaktfläche bilden würden und außerdem ein Prellen der Bürsten an den Übergangsstellen auftreten könnte. Die Bürsten sind für eine Schaltdauer von elektrisch genau 180 ° in einem entsprechenden Winkel so gegeneinander versetzt und auf einer drehbaren Achse so eingestellt, daß in Verbindung mit der Schaltwalze eine halbe Periode Kontakt gegeben und eine halbe Periode unterbrochen wird. Um Thermospannungen zu vermeiden, sind Kommutator und Bürsten aus dem gleichen Kontaktwerkstoff hergestellt. Ein Knopf, dessen Stellung durch eine Skala jeweils markiert ist, gestattet das Verstellen der Kommutatorbürsten, wodurch der Zeitpunkt der Kontaktgabe beliebig innerhalb einer Periode verändert werden kann und somit zur Meßspannung in einstellbarer Phasenlage steht. Das Gerät, das gegen Fremdfeldeinflüsse abgeschirmt ist, ist bei Anschluß an eine Wechselspannung sofort betriebsfertig; seine Abmessungen betragen rd. 120 × 120 × 120 mm³.

b. Schwingkontakt-Gleichrichter

Der Schwingkontakt-Gleichrichter ist wegen seines einfachen Aufbaues bedeutend weniger Störungen ausgesetzt als die früher benutzten umlaufenden Gleichrichter. Zwei Geräte, die sich schon jahrelang in der Praxis bewährt haben, sollen hier kurz beschrieben werden.

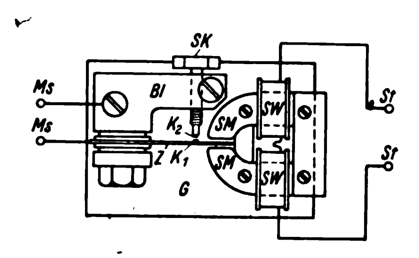
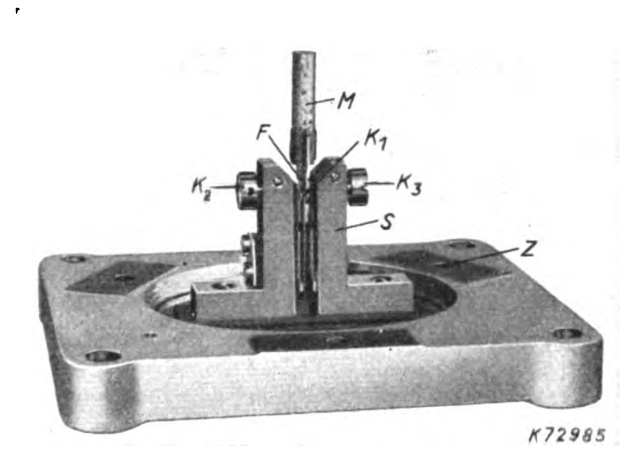


Bild 3. Schaltanordnung des Zungengleichrichters.

1. Der Zungengleichrichter [2] oder Synchronschalter, dessen Aufbau aus Bild 3 ersichtlich ist, kann auch als polarisiertes Relais bezeichnet werden. Eine auf dem festen Block *Bl* aus unmagnetischem Werkstoff isoliert aufgeschraubte Feder *Z* mit dem Kontakt K_1 schwebt mit ihrem freien Ende zwischen den Polschuhen des Steuermagneten *SM*. Der Block *Bl* trägt auch den festen Gegenkontakt K_2. Auf den Schenkeln von *SM* befinden sich zwei in Reihe geschaltete Erreger- bzw. Steuerwicklungen. Ein Dauermagnet, der unter der Grundplatte liegt, auf der *Bl* und *SM* befestigt sind, erzeugt einen Dauerfluß über die Zunge *Z* und den Steuermagneten *SM*; das Dauerfeld tritt ungefähr symmetrisch nach beiden Seiten in die Polschuhe von *SM* ein und überlagert sich somit beim Erregen von *SM* dem erzeugten Wechselfeld. Dadurch wird in der einen Halbperiode die Liniendichte auf der einen Seite der Zunge größer und auf der anderen kleiner; für die nächste Halbperiode ist es umgekehrt. Der Kontaktkreis wird somit während der Dauer einer Halbwelle geschlossen und danach ebensolange geöffnet. Die Kontakte *1* und *2* und die Spulenanschlüsse *3* und *4* sind von außen zugänglich.

Der Steuerstrom des Zungengleichrichters beträgt 15 mA. Der Scheinwiderstand der Steuerspulen ist $R_s = 2000\,\Omega$ bei 50 Hz. Eine Ausführung bis 200 Hz Betriebsfrequenz ist normalerweise möglich. Die Dauerschaltleistung, bezogen auf die Gleichstromseite, beträgt 1 mA bei 1 V; ein Überlasten ist kurzzeitig unter gewissen Voraussetzungen zulässig. Der Schalter wiegt rd. 0,32 kg und hat die Abmessungen 92 × 55 × 50 mm³. Um den Schaltvektor beliebig einstellen zu können, ist zusätz-

*) Die Zahlen in eckigen Klammern [ ] beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Aufsatzes.



F Feder *M* Magnet *S* Säule *Z* Zusatzmasse

Bild 4. Schwingschalter

lich ein Phasenschieber erforderlich, außerdem ein für Netzbetrieb geeigneter Transformator bzw. ein Vorwiderstand zum Begrenzen des Steuerstromes. Der Phasenschieber bringt aber Ungenauigkeiten in die Meßanordnung; denn wird er, wie üblich, aus dem Drehstromnetz erregt, so ergibt schon eine Spannungsänderung von 10 % einer Phase einen Winkelfehler von etwa 8 °. Ein Kleinphasenschieber hat etwa die Abmessungen 185 mm × 80 mm Dmr. bei einem Gewicht von 3 kg. Wird der Gleichrichter aber aus dem Wechselstromnetz erregt, so ist für das Bilden der Hilfsphase ein zusätzlicher Aufwand erforderlich.

2. Der Schwinggleichrichter mit einstellbarer Schaltpause [3] ist das andere der beiden in der Praxis bewährten Geräte. Den eigentichen Kontaktgeber oder Schwingschalter zeigt Bild 4. Er besteht aus einer Blattfeder *F*, welche den Kontakt K_1 trägt und am unteren Ende fest eingespannt ist. Am anderen Ende der Blattfeder befindet sich ein Dauermagnet *M*. Das freie Ende des Magneten taucht in ein Erregerfeld, das als Drehfeld ausgebildet ist. Die Gegenkontakte K_2 und K_3 sind, um eine Sinusschwingung zu erreichen sowie um Prellungen zu vermeiden, nahe an der Einspannstelle angebracht. Man erhält dadurch außerdem einen großen Kontaktdruck und eine geringere induzierte Störspannung, da die Fläche der Stromschleife ein Minimum wird. Die Schaltdauer des Arbeitskontaktes ist elektrisch auf genau 180 ° eingestellt, die des anderen Kontaktes beträgt rd. 150 °.

Bild 5 zeigt den Drehfelderzeuger. Bei Anschluß an eine Wechselspannung von 50 Hz ist mit Hilfe

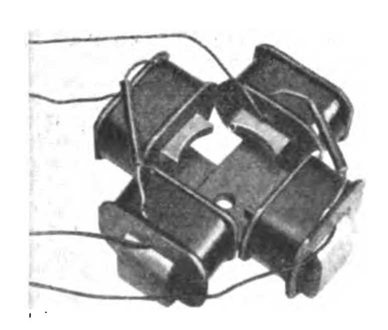


Bild 5. Drehfelderzeuger, mit 90°-Schaltung arbeitend.

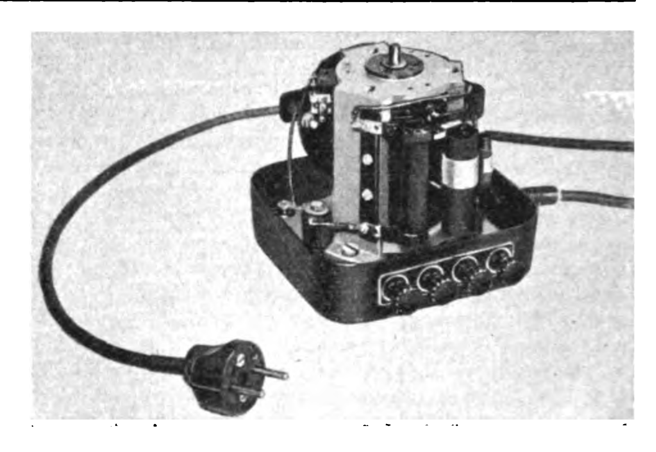


Bild 6. Schwingkontakt-Meßgleichrichter ohne Kappe.

einer Kunstschaltung dafür gesorgt, daß die Erregerströme der zwei zueinander senkrecht stehenden Spulenpaare um zeitlich 90 ° verschoben sind. Die Spulen befinden sich auf einem ausgedrehten Polsystem aus Eisen, in das der Schwingmagnet eintaucht. Das Polsystem ist gut gelagert und von außen durch einen Drehknopf beliebig einstellbar. Eine Skala von 90 mm Dmr. und von 0 bis 360 °, von 2 zu 2 ° unterteilt, markiert die Stellung des Drehfeldes. Da der Schwingschalter fest steht, ist die Schwingrichtung der Blattfeder festgelegt und somit nur die Feldkomponente des Drehfeldes in dieser Richtung in jedem Augenblick wirksam. Die Erregung für den Schalter verläuft also zeitlich sinusförmig, und zwar wird ihre Phase durch eine gegenseitige Verdrehung von Kontakt- und Drehfeldsystem um den entsprechenden Winkel gedreht. Den Innenaufbau des Gleichrichters zeigt Bild 6. Es gelang, alle zum Messen erforderlichen Schaltelemente — ein besonderer Phasenschieber wird ja nicht benötigt — in einem kleinen Gehäuse von 120 × 120 × 130 mm³ unterzubringen. Das Gewicht beträgt 2,3 kg. Ein eingebauter Umschalter gestattet als sogenannter Vektorschalter außer der beliebig mittels Drehknopfes einstellbaren Schaltphasenlage aus jeder beliebigen Stellung auf elektrischem Wege eine Schaltphasenänderung von ± 90 °. Bild 7 zeigt die Anschlußklemmen und die Schaltung des Meßkreises. Der für den Meßvorgang nicht benötigte Kontakt *3* wurde auf einfache Weise zur Kompensation auftretender Störfelder, die von außen auf den Meßkreis einwirken, benutzt. Eine auftretende Störspannung kann sich in der Sperrhalbperiode ebenfalls über den Meßkreis ausgleichen. Der Störstrom wird somit als Wechselstrom durch den Meßkreis geleitet und nicht angezeigt.

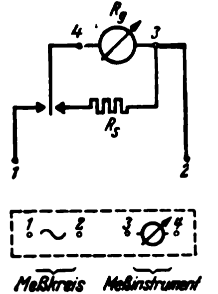


Bild 7. Schaltung des Störungsausgleiches.

Der Gleichrichter wird normalerweise für eine Frequenz von 50 Hz ausgeführt. Bei Anschluß an 220 V ist der Leistungsbedarf rd. 5 VA. Die Dauerschaltleistung beträgt 5 mA bei einer Sperrspannung von 5 V. Unter gewissen Voraussetzungen ist kurzzeitiges Überlasten zulässig. Spannungsschwankungen bis 10 % und Frequenzschwankungen bis 1 % ergeben praktisch noch keinen zusätzlichen Meßfehler. Der Winkelfehler (Phasenfehler) zwischen mechanischer Einstellung des Drehfeldes nach der Skala und der dadurch tatsächlich hervorgerufenen Schaltphasendrehung ist $\leq 2°$, im Mittel $< 1°$. Dieser geringe Phasenfehler kann im allgemeinen vernachlässigt werden; er entspricht im übrigen dem durchschnittlichen Phasenfehler von Phasenschiebern für Meßzwecke, ist aber von relativen Schwankungen eines Drehstromnetzes unabhängig.

4. Messungen mit mechanischen Gleichrichtern

Der Schwingkontaktgleichrichter gestattet in Verbindung mit hochempfindlichen Gleichstrominstrumenten, kleine Wechselströme und Spannungen bei geringem Energiebedarf zu messen. Schaltet man einen mechanischen Gleichrichter in Reihe mit einem Drehspulinstrument an eine Wechselspannung, so erhält man einen Mittelwert, dessen Amplitude von der durch die Schaltphase der Kontaktgabe jeweils festgelegten Durchlaßperiode des Meßstromes abhängt. Bei sinusförmigem Verlauf der Meßspannung und einer Kontaktdauer von elektrisch genau 180° gelten folgende Beziehungen:

$$I_{\mathrm{mittl}} = \frac{1}{2} I_{\mathrm{eff}} \frac{2\sqrt{2}}{\pi} = i_c\, a_{\max},$$

$$I_{\mathrm{eff}} = i_c\, a_{\max}\, 2 \cdot 1{,}11\,.$$

Hierin bedeutet

$a_{\max}$ den maximalen Ausschlag des Galvanometers,
i_c ist die Stromkonstante des Galvanometers und
$1{,}11 = \frac{U_{\mathrm{eff}}}{U_{\mathrm{mittl}}}$ der Formfaktor.

Die Anwendbarkeit von Schwingkontaktgleichrichtern sei an den wichtigsten Schaltungen betrachtet.

a. Spannungsmessung (Bild 8)

Für die Spannungsmessung nach Bild 8 gilt:

$$U_{\mathrm{eff}} = i_c\, a_{\max}\, 2 \cdot 1{,}11\,(R_g + R_v)\,.$$

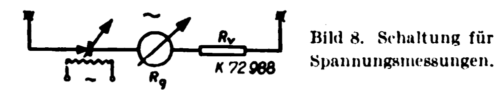


Bild 8. Schaltung für Spannungsmessungen.

b. Strommessung (Bild 9a und b)

Für die Strommessung (Bild 9a und b) ist:

$$I_{R_{p\,\mathrm{eff}}} = i_c\, a_{\max}\, 2 \cdot 1{,}11\, R_g/R_p\,,$$

$$R_p \ll R_v\,,$$

Widerstandsänderung R_p bis $R_p \| R_g$

$$R_p \ll R_v\,,$$

Widerstandsänderung 0 bis $R_p \| R_g$. Die Schaltung nach Bild 9a eignet sich besonders zum Messen großer Ströme, die Schaltung nach Bild 9b ist bei kleinen Strömen vorteilhaft.

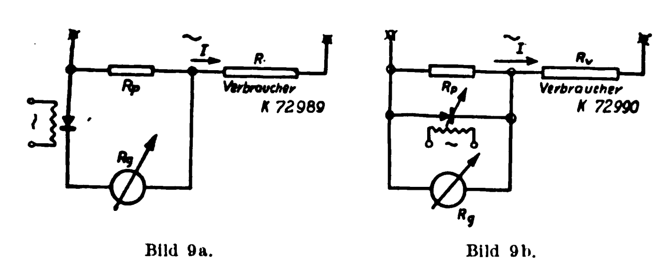


Bild 9a und b. Schaltungen für Strommessungen.

c. Phasenmessung

Am empfindlichsten ist das Einstellen auf Nulldurchgang, da man im Gegensatz zu einer Einstellung auf einen Maximalwert hierbei schon bei kleinen Winkeländerungen große Ausschlagänderungen erhält. Die Schaltphase wird dabei so lange gedreht, bis der Indikator Null anzeigt, d. h. daß zwei flächengleiche Teile entgegengesetzten Vorzeichens herausgeschnitten werden, so daß der arithmetische Mittelwert Null ist.

d. Leistungsmessung [1] (Bild 10)

Durch Schaltphasendrehung stellt man U oder I auf Nulldurchgang ein und erhält nach Bedienen des Vektorschalters z. B. für u den halben arithmetischen Mittelwert.

$$c_u\, a_{\max} = u = \frac{\sqrt{2}}{\pi}\, u_{\mathrm{eff}}\,.$$

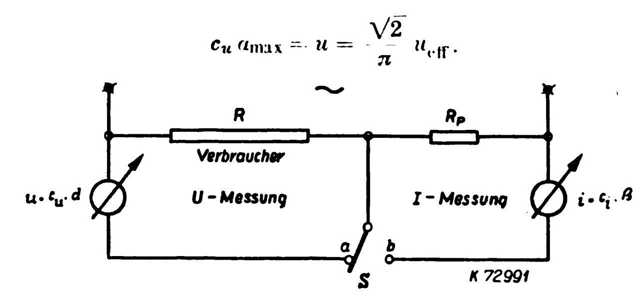


Bild 10. Schaltung für Leistungsmessungen.

Bei unveränderter Schaltphase bestimmt man nun den Strom, wobei der Schalter S an b liegt. Der erhaltene Ausschlag β hat den Wert

$$c_i\, \beta_{\max} = i \cos\varphi = \frac{\sqrt{2}}{\pi}\, i_{\mathrm{eff}} \cos\varphi\,.$$

Die Leistung ist somit $\pi^2/2$ mal dem Produkt der abgelesenen Meßwerte für u und i.

Bei kleinem Leistungsfaktor bestimmt man getrennt für U und I die Nulldurchgänge und erhält somit genau den eingeschlossenen Winkel φ. Zu jedem Nulldurchgang wird der Maximalausschlag gemessen. Die Leistung ist somit

$$N = u\, i \cos\varphi\, \frac{\pi^2}{2}\,,$$

$$N = i_{\mathrm{eff}}\, u_{\mathrm{eff}} \cos\varphi\,.$$

e. Punktweise Kurvenaufnahme

Der Grundgedanke der punktförmigen Kurvenaufnahme stammt von J. Joubert aus dem Jahre 1880; der von ihm schon im vorigen Jahrhundert angegebene Kontaktgeber ist als Joubertsche Scheibe bekannt. Eine synchron umlaufende Scheibe ist so ausgebildet, daß zwei auf ihr schleifende Bürsten in jeder Periode einmal kurzzeitig leitend verbunden werden. Durch Verschieben der Bürsten längs der Scheibe kann man in Verbindung mit einem Gleichstrommeßinstrument Wechselstromkurven punktweise aufnehmen. Eine große Zahl von Geräten wurden nach diesem Grundgedanken für verschiedene Meßzwecke gebaut; sie unterschieden sich hauptsächlich in der Ausführung der Kontaktgabe und deren Einstellmöglichkeiten (über magnetische Kontakte siehe [4]) sowie durch den jeweiligen Meßzwecken entsprechende Einzelheiten. Da der Schwingkontaktgleichrichter praktisch fehlerfrei arbeitet, wird er seit einigen Jahren in den meisten Fällen an Stelle obiger Geräte verwendet.

α) Kurzkontaktverfahren [5] (Bild 11)

Die gegenseitige Phasenlage der Erregerströme zweier Synchronschalter *1* und *2* ist so eingestellt, daß eine etwas von 180° abweichende Phasenverschiebung

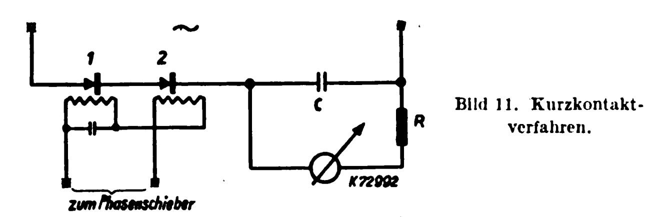


Bild 11. Kurzkontaktverfahren.

auftritt. Durch Ändern der Phasenlage der Erregerströme zur Meßspannung mit dem Phasenschieber kann man den Zeitpunkt der Kontaktgabe beliebig einstellen und somit die Spannungskurve punktweise aufnehmen.

β) Kondensatorverfahren [3] (Bild 12)

Der Kondensator C wird periodisch aus der Wechselspannungsquelle auf- und über das Anzeigegerät entladen. Bei ausreichend kleiner Zeitkonstante des Ladekreises hat die Kondensatorspannung in jedem Augenblick praktisch eine dem Augenblickswert der Meßspannung entsprechende Größe. Mit dem im Abschaltmoment gerade vorliegenden Augenblickswert entlädt er sich also

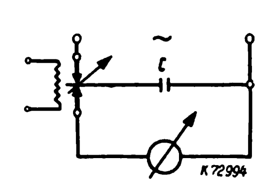


Bild 12. Kondensatorverfahren.

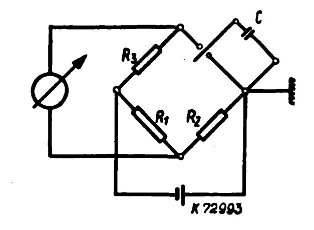


Bild 13. Maxwellsche Brückenschaltung zur Kapazitätsmessung.

impulsweise in jeder Periode einmal über das summierende Anzeigeinstrument. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß tatsächlich Momentanwerte der Spannung, nicht Mittelwerte über ein endliches Zeitintervall, gemessen werden.

f. Kapazitätsmessung

Nach obigem Verfahren (Bild 12) ist auch eine Kapazitätsmessung ausführbar. Bei Anlegen einer konstanten Ladegleichspannung ist die Ladung des Kondensators C proportional dem Instrumentenausschlag ($i_m = C_x N n$). Das Maxwellsche Brückenverfahren [6] (Bild 13) arbeitet folgendermaßen: Der Kondensator C wird periodisch auf- und entladen und wirkt als Widerstand von der Größe $R_4 = \frac{1}{n C}$; n ist die Zahl der Unterbrechungen des Kontaktmachers je Sekunde. Für Brückengleichgewicht gilt:

$$R_4 = \frac{1}{n C} = \frac{R_2 R_3}{R_1} .$$

Diese Kapazitätsmessung hat den Vorteil, daß sie ein Widerstandsvergleich ist. Der mechanische Gleichrichter wird hierbei nur als Schnellschalter benutzt.

g. Eisenverlustmessungen [7] [8]

Das Bestimmen von Magnetisierungs- und Verlustwerten bei Wechselstrommagnetisierung ist zum Bestimmen der magnetischen Eigenschaften einer Eisenlegierung von größter Wichtigkeit. Man kann mit dem Schwingkontaktgleichrichter auf Grund der Beziehung

$$\int_{t_1}^{t_1 + \frac{1}{2f}} u \, dt = n \Phi$$

einfach und schnell die Induktion messen und durch Schaltphasendrehung die Induktions- und Flußkurve $\mathfrak{B} = f(t)$ punktweise aufnehmen [3] [7]. Diese Meßverfahren mit Schwingkontaktgleichrichtern [7] [8] [9] haben im Gegensatz zu früheren Verfahren ohne Gleichrichter, z. B. mit dem Epstein-Apparat, den großen Vorteil, daß nur kleine Proben von einigen Gramm benötigt werden, was für die laufende Untersuchung von wirtschaftlicher Bedeutung ist.

Zusammenfassung

Der mechanische Gleichrichter eignet sich hauptsächlich in Verbindung mit empfindlichen Gleichstrommeßgeräten zum Messen kleiner Wechselströme und Spannungen und deren Phasenbeziehungen. Dies ist der große Vorzug gegenüber dem Trockengleichrichter. Hinzu kommt noch der Vorteil, daß der Schwingkontaktgleichrichter weniger Störungen ausgesetzt ist als der umlaufende Gleichrichter und wegen der großen Konstanz der Schaltwiderstände auch auf die Dauer wesentlich genauer arbeitet. Die meßtechnischen Anwendungsmöglichkeiten für Schwingkontaktgleichrichter sind so vielseitig, daß nur einige Beispiele gegeben werden konnten.

Aus dem Schrifttum

[1] J. Pfaffenberger, Meßtechn. (1934) H. 9, S. 161.
[2] H. Pfannenmüller, Arch. techn. Messen (1932) Z 540—1.
[3] E. Froböse, Arch. Elektrotechn. 32 (1938) S. 40.
[4] ETZ 23 (1902) S. 496 und I. Ryan, Trans. Amer. Instr. electr. Engr. 16 (1900) S. 345.
[5] H. Pfannenmüller, Arch. techn. Messen (1934) V 3621—1.
[6] H. Diesselhorst, Ann. Phys., Lpz. 19 (1906) S. 382.
[7] E. A. Neumann u. J. Pfaffenberger, Arch. Elektrotechn. 27 (1933) S. 287.
[8] P. C. Hermann, Z. techn. Phys. 13 (1932) S. 541 u. 14 (1933) S. 39.
[9] W. Thal, Arch. techn. Messen (1935) V 951—2, H. 4.

Das Funkwesen in der Luftfahrt

DK 621.396 : 629.13

Der im letzten Jahrzehnt erzielte beachtliche Aufschwung des Funkwesens in der Luftfahrt ist durch die Tatsache bedingt, daß nur mit den Mitteln des Funks sowohl die einzig mögliche schnelle Verbindung zwischen Luftfahrzeug und Boden oder anderen Luftfahrzeugen zum Nachrichtenverkehr geschaffen als auch eine wirklich sichere Hilfe für die Navigation in schlechten Wetterlagen bereitgestellt werden kann.

1. Nachrichtenverkehrsgeräte

Während die am Boden verwendeten Nachrichtenanlagen keine wesentlichen Unterschiede gegenüber den allgemein im Bodenfunkdienst üblichen aufweisen, kann man bei den Bordgeräten von einer besonderen Gattung sprechen. Ihre besonderen Konstruktionsmerkmale und -schwierigkeiten liegen

a) in den taktischen Bedingungen, d. h. den verschiedenen technischen und betrieblichen Forderungen der abzuwickelnden Funkdienste, die oft mit den Möglichkeiten oder dem bisher erzielten technischen Fortschritt nicht im Einklang stehen;

b) in den gerätebaulichen Beschränkungen, wie Begrenzung an Gewicht und Raum, Erschütterungs- und Geräuschempfindlichkeit, Brand- und Berührungsschutzmaßnahmen usw. und

c) in der Meisterung der physikalischen Einflüsse, wie Abhängigkeit von Außentemperatur und Luftdruck, atmosphärischer Elektrizität usw.

Die fertige Ausführung eines Gerätes ist in fast allen Fällen eine Vergleichslösung zwischen diesen drei Hauptschwierigkeiten, und zwar nicht nur bei Sendern und Empfängern, sondern teilweise auch bei dem Zubehör, wie Modelungseinrichtungen, Stromversorgung und Luftleitern.

Unter Zugrundelegung der Baumuster der englischen und teilweise auch französischen Luftfahrt hat M. Laveran[1]) eine Anzahl von Merkmalen für Luftfahrtfunkgeräte aufgestellt, die nachstehend kurz zusammengefaßt sind.

[1]) M. Laveran, Rev. gén. Électr. 47 (1940) S. 147 u. 194, 21½ S. 6 B.

Tafel 1. Vergleich von Luftfahrt-Funkgeräten (England und Frankreich).

Art des Gerätes	Wellenbereich	Reichweite	Betriebsart	Besondere Merkmale technischer Art	Besondere Merkmale betrieblicher Art	Einsatz
Lang- und Mittelwellengeräte (MW)	≦ 700 kHz	≦ 150 km	meist Telegraphie, seltener Telephonie	Sendersperrung während der Empfangspause	gleichzeitiger Betrieb mit KW möglich	MW und KW grundsätzlich kombiniert für Flugzeuge mit größerem Aktionsradius (Langstreckenflugzeuge, Fernaufklärer, Fernbomber, Ferntransporter usw.)
Kurzwellengeräte (KW)	≧ 3 MHz	< 100 km und > 500 km	fast ausschließlich Telegraphie	beachtliche Ersparnis an Raum und Gewicht bei größerer Reichweite gegenüber MW.- Besondere Vorrichtung für schnellen Wellenwechsel	gleichzeitiger Betrieb mit MW möglich. Schneller Wellenwechsel aus Gründen der internationalen Wellenverteilung erforderlich	MW allein nur in besonderen Fällen
Ultrakurzwellengeräte (UKW)	≧ 30 MHz	100 ··· 200 km	meist Telephonie	sehr kleiner apparativer Aufwand	besonders geeignet für sehr schnelle Flugzeuge (Luftleiter!)	Jagdflugzeuge

A. Sender und Empfänger

1. Technische Kennwerte. Ganz allgemein ist zu fordern, daß die Funkverbindung möglichst einfach und in schneller Bedienbarkeit der Geräte so sicher wie nur möglich hergestellt und betrieben werden kann. Je nach der Art des Dienstes (kontinentaler, transozeanischer, kolonialer oder Luftwaffen-Funkdienst) ergeben sich bestimmte Gerätetypen, die sich am ehesten durch den beherrschten Wellenbereich einteilen lassen. In Tafel 1 sind die wesentlichsten Kennzeichen zusammengestellt. Folgende auffallenden konstruktiven Merkmale sind hervorzuheben:

Die Fernbedienung der Geräte ist notwendig, da diese meist nicht alle in Handreichweite vom Arbeitsplatz des Funkers untergebracht werden können. Es bewährt sich hierbei die Einstellung besonders vorbereiteter Frequenzen durch Nockenscheiben, jedoch stets mit Auslösung für durchgehende Einstellung.

Zwischenzeichenempfang ist die Sicherstellung der Empfangsbereitschaft in den Tastpausen des Senders. Da mechanische Umschalter wenig befriedigen, erfolgt die Ankopplung der Empfänger an den Sendeluftleiter über Schutzkondensatoren und Dioden. Bei Sprechsendern ist eine selbsttätige elektrische Empfängersperrung notwendig, besonders bei Luftwaffen-Bordgeräten. Eine einfache betriebssichere Konstruktion wird erschwert durch

a) die Abhängigkeit der Steuerung vom äußeren Geräuschpegel, der im Flugzeug in sehr weiten Grenzen schwankt (Motorengeräusch, Schießen),
b) Versagen der Elektrolytkondensatoren bei tiefen Temperaturen, d. h. großen Flughöhen, was eine besondere Heizung erforderlich macht, und
c) Änderung des Sprachcharakters und damit der Modelungsimpulse in großen Höhen infolge Abhängigkeit des Mikrophonwiderstandes vom Luftdruck.

Zur Erzielung hoher Frequenzkonstanz der Sender steht der schaltungstechnisch eleganten und aufwandsmäßig einfachen Quarzsteuerung der Nachteil der Beschränkung auf bestimmte Festfrequenzen gegenüber, weshalb man z. B. für Luftwaffengeräte den größeren Aufwand der Steuerung mit stabilisierten Schwingkreisen und besonderen Trennstufen (Penthoden) treiben muß. Stabilisierte Schwingkreise verlangen temperaturunabhängige Kondensatoren und besondere Bauweise der Spulen (Temperaturbereich mindestens 60 °, d. h. von + 20 ° bis — 40 ° C; ein Temperaturkoeffizient der Schwingstufe von $10^{-5}/°$ C kann bei guter Konstruktion erzielt werden).

Die Senderleistungen sind für größere Flugzeuge bis zu mehreren kW getrieben worden, wobei Anodenspannungen bis zu 5 kV benötigt werden.

2. Ausführungsformen und konstruktive Erfordernisse. Die Gewichtsbeschränkung stellt konstruktiv die Verwendung von Aluminium und Leichtmetallegierungen in den Vordergrund. Durch die Raumbeschränkung ergibt sich oft eine stark zusammengedrängte Bauweise, die die gute Bedienbarkeit der Geräte einschränkt. Daher kommt fast immer Fernbedienung in Betracht, die eine abgesetzte Anordnung der Geräte gestattet, was für die Unterbringung im Flugzeug von großem Wert ist. Es gibt mechanische und elektrische Ausführungsformen der Fernbedienung; letztere ist bei Empfängern betrieblich noch problematisch. Die Erschütterungsfreiheit verlangt besondere Maßnahmen in der Aufhängung der Geräte sowie in ihrem inneren Aufbau (Schraubverbindungen werden z. B. als Sicherung mit Gummilack überzogen usw.). Der Mikrophoneffekt der Röhren brachte nach systematischer Untersuchung die Konstruktion besonderer Röhren, ist jedoch noch immer nicht völlig überwunden.

Beim Funksprechbetrieb sind Mikrophonkonstruktion und akustische Entstörung besonders schwierige Kapitel. Spezialmikrophone mit günstiger Richtkennlinie, z. B. Kristall- oder elektromagnetische Mikrophone, verlangen empfindliche und unerwünschte Vorverstärker. Das an sich brauchbare Kehlkopfmikrophon ist wiederum schwierig mit der Sauerstoffmaske zu kombinieren und durch den dauernden Druck auf die Halsnerven unzweckmäßig. Die Kopfhörerkonstruktion soll Abschluß von den äußeren Flugzeuggeräuschen bei gleichzeitig guter Lüftung, Abschirmung des Magnetfeldes der Hörkapsel zur Vermeidung von Magnetkompaßablenkungen und hohe Isolationsfestigkeit gegen Berührungsgefahr besitzen. Eine besondere Aufgabe stellt die elektrische Entstörung der Magnetzündung und ihrer Anlagen dar.

B. Stromversorgungsquellen

Zu unterscheiden sind die Generatoren für die Sender-Anoden- und -gitterspannungen, Empfänger-Anoden- und -gitterspannungen, Heizspannungen für Sender und Empfänger und der Ladegenerator für die Sammlerbatterie des Bordnetzes. Den früher üblichen Luftschraubenantrieb hat man wegen seiner Nachteile aufgegeben und durch unmittelbare Ankupplung der Generatoren an die Flugzeugmotoren ersetzt. Die Drehzahlabhängigkeit wird durch Regler nach dem Tirillprinzip ausgeglichen, jedoch sind Erschütterungsfreiheit und Kühlung noch schwierige Aufgaben. Um bei Langsamlauf (Gleitflug) oder Stillstand der Triebwerke wichtige Spannungen nicht ausfallen zu lassen und auch zu große Stromentnahme aus der Bordbatterie zu vermeiden (Verbrauch der Landungsscheinwerfer z. B. allein 1 kW), sind in größeren Flugzeugmustern kleine Hilfsgeneratoren mit Verbrennungsmotorenantrieb von 2 bis 3 PS vorgesehen. An die Bordnetzsammler (12 V in England und V. S. Amerika, 24 V in Frankreich) werden neben ihrer allgemein großen Belastungsfähigkeit noch hohe Anforderungen, wie z. B. völlige Betriebssicherheit bei tiefen Temperaturen, Explosionssicherheit usw., gestellt.

C. Luftleiter

Neben den Konstruktionsschwierigkeiten der Schleppantenne mechanischer Art, ihrer Aufwickelvorrichtung, den Blitzschutzmaßnahmen usw. ist strahlungstechnisch die Tatsache wichtig, daß infolge ihrer durch den Fahrtwind bedingten parabolischen Form die betrieblich häufig wichtige, horizontalpolarisierte Komponente der Strahlung anteilig nur wenig wirksam wird. Durch verschiedene Kniffe sucht man dem zu begegnen. Bei den verschiedenen Formen der Festantennen, die im Kurzwellenbetrieb eine große Rolle spielen, lassen sich meist die gewünschten elektrischen Eigenschaften nicht zugleich mit der günstigsten mechanischen Ausführungsform vereinen.

D. Erdung

In Verbindung mit der Strahlungsleistung der Luftleiter steht die Notwendigkeit der Schaffung eines guten Nullpotentials für die Hochfrequenz sowie für die Hoch- und Niederspannungen der Funkanlagen, um alle Gefahren von Überspannung, Wirbelstromverlusten und Brandmöglichkeit zu meistern. Bei Flugzeugen in Gemischbauart sind hierzu besondere Maßnahmen erforderlich.

2. Funknavigationsverfahren und -geräte

Der zweite Abschnitt der Arbeit gibt im Gegensatz zu den breiten Ausführungen des ersten Abschnitts einen sehr zusammengedrängten Abriß über die Funknavigation und ihre wichtigsten Geräte.

Grundlage fast aller Verfahren ist gerichtetes Empfangen oder Senden; zur ersten Gruppe gehören Bordpeilgeräte einschließlich Funkkompaß und Bodenpeilstationen, zur zweiten die Richtfunkfeuer der Bodenorganisation.

Die konstruktiven Gesichtspunkte der Bodenpeilgeräte werden erläutert; ferner wird kurz angedeutet, wie man ihre Fehlerquellen mildern oder beseitigen kann. Zu der Beschreibung des Funkkompasses sei auf die in der gleichen Zeitschrift gleichzeitig erschienene ausführliche Abhandlung von Bouchard[2]), zu den im Abschnitt der Richtfunkfeuer interessierenden, von Deutschland entwickelten und international eingeführten Ultrakurzwellenlandefunkfeuern auf eine deutsche Veröffentlichung[3]) verwiesen. H. J. Zetzmann VDE

[2]) ETZ 62 (1941) H. 15. S. 380.
[3]) ETZ 58 (1937) S. 904.

Trägerstrom-Fernmessung mit dem Metameter[1]).

DK 621.317.3 : 621.395.44

Die Ausführungen schließen an eine frühere Arbeit von F. S. Bristol und G. S. Lunge an[2]). Nach kurzer Begründung der Zweckmäßigkeit der Verwendung von Trägerstromkanälen zur Fernübertragung von Meßwerten und zum Teil auch anderer Funktionen auf erhebliche Entfernungen in Verbundnetzen mit wirtschaftlichem Aufwand werden die Anwendungsarten der Trägerstrom-Fernmessung einzeln behandelt, und zwar:

1. Gemeinsame Benutzung eines Trägerstromweges auf Hochspannungsleitungen für Fernmessung und eine der nachstehenden Funktionen:

a. Relaisprüfverfahren, b. Schalterfernbetätigung, c. Betriebsüberwachung, d. Fernsteuerung, e. Fernsprechen. Wenn zur Meßübertragung das Metameter dient, das nur das Ein- und Ausschalten eines Stromkreises in regelmäßiger Wiederholung erfordert, wobei die Impulsdauer den Meßwert bestimmt, so kann in manchen Fällen außer der Fernmessung auf demselben Trägerstromkanal noch eine der genannten Funktionen abgewickelt werden. Soweit es die Art der zu übertragenden Funktion gestattet, kann dies in den Pausen zwischen den Metameterimpulsen geschehen, sonst, wenn sofortige Zugänglichkeit des Trägerstromweges erforderlich ist, unter vorübergehender Abschaltung der Meßübertragung. Dann genügt ein ungemodelter Einfrequenzkanal. Für fortlaufende Messung bzw. Aufzeichnung oder für gleichzeitiges Übertragen mehrerer Meßwerte ist Modelung des Trägerstromes durch verschiedene Niederfrequenzen, gegebenenfalls ein Zweifrequenzkanal erforderlich. Für Schalterfernbetätigung genügt eine geringe Änderung der Trägerfrequenz ohne Unterbrechen der Meßübertragung. Dann behandelt der Verfasser noch die Benutzung eines Trägerstromweges außer zum Fernmessen noch für zwei der unter a bis d aufgeführten Funktionen. Falls Unterbrechungen der Meßübertragung in Kauf genommen werden, ist auf einem nichtgemodelten Einfrequenzkanal noch die Abwicklung des Relaisprüfdienstes und der Betriebsüberwachung oder des Relaisprüfdienstes und des Fernsprechdienstes möglich. Um außer der Messung noch die Schalterbetätigung und die Betriebsüberwachung auf einem Trägerstromkanal völlig unabhängig zu übertragen, wird empfohlen, für jede Betätigungsart einen besonderen niederfrequenten Modelungston anzuwenden.

2. Zur Trägerstrom-Fernmessung über Fernsprechfreileitungen wird die Anwendung von Trägerstrom (5 bis 20 kHz), ausgenommen für kurze Strecken, auch dann empfohlen, wenn die Leitungen nicht für Fernsprechzwecke benutzt werden, da mehr Sicherheit vor induktiver Beeinflussung durch die Hochspannungsleitungen gegeben ist. Die Geräte werden in der Regel über Isolierübertrager an die Freileitungen angeschlossen, für Sonderfälle kommen auch unmittelbarer Anschluß oder Kopplungskondensatoren in Betracht. Durch Anschluß mehrerer Sender und Empfänger an die gleiche Leitung können mehrere Anzeigen übertragen werden.

3. Die Benutzung von Trägerstromkanälen auf Hochspannungsleitungen ausschließlich für Fernmeßzwecke bringt größte Anpassungsfähigkeit und höchste Zuverlässigkeit, besonders über große Entfernungen, mit sich. Für Metameterübertragung sind bisher viererlei Übertragungsarten in Verwendung:

a) Tastung des ungemodelten Trägerstromes,
b) Tastung einer 60-Periodenfrequenz, die den Trägerstrom modelt,
c) Tastung verschiedener Modelungsfrequenzen des Trägerstromes durch ebenso viele Metametersender für gleichzeitige unabhängige Übertragung,
d) abwechslungsweise Verwendung von zwei kristallgesteuerten Trägerfrequenzen mit geringem Frequenzabstand für die Übertragung einer einzigen Metameteranzeige.

Die Anwendungsgebiete dieser Arten werden gezeigt. Bei der letzten wird die Frequenz des dauernd fließenden Trägerstroms bei der Tastung um 500 Hz verändert. Besonders mit den Übertragungsarten b) bis d) soll entlang eines Trägerstromkanals eine fast unbegrenzte Zahl von Meßempfängern ohne Verstärkung anschließbar sein.

In einer abschließenden Betrachtung werden schließlich die Vorzüge des Metametersystems für die Fernmessung zusammengestellt, nämlich: Einheitliches, in sich geschlossenes Gerät mit eingebautem Meßwerk, keine nachteilige Rückwirkung auf das eigentliche Meßwerk, größte benötigte Ablesegeschwindigkeit unter Ausschluß der Übertragung unrichtiger Werte, bequeme Möglichkeit der Summenmessung sowohl auf der Geber- wie auf der Empfängerseite, auch unter Einschluß von Teilanzeigen von Geräten anderer Herkunft, Beanspruchung des Minimums an Trägerstromausrüstung (da nur Ein- und Ausschaltung); sogar eine fortlaufende Registrierung beansprucht den Trägerstromkanal nicht ununterbrochen (Abstände zwischen den Impulsen), daher Mehrfachausnutzung möglich.

Dem gegenüber stellt der Verfasser die Entwicklung in Europa. Hier soll es bei einigen der verbreitetsten Impulsdauer-Fernmeßgeräten dem Bezieher überlassen sein, das Gerät einem Meßgerät beliebiger Herkunft zuzufügen. Ferner soll zur Summenmessung eine komplizierte elektromechanische Impulszerhackerschaltung verwendet werden, wodurch die beschränkte Anwendung zu erklären sei. Diese Ausführungen lassen darauf schließen, daß dem Verfasser die neuere europäische, insbesondere die deutsche Entwicklung auf dem Gebiet der Fernmessung nicht bekannt ist. Die dem Aufsatz beigegebenen Bilder beschränken sich auf Lichtbilder von Übertragungseinrichtungen; auf Schaltungseinzelheiten wird weder in Bild noch Wort eingegangen. *Lhr.*

[1]) G. S. Lunge, Gen. Electr. Rev. 43 (1940) S. 336; 8 S., 8 B.
[2]) ETZ 61 (1940) S. 810.

RUNDSCHAU

Geräte und Stromrichter

DK 621.318.521

Stromwandler und Relais für Schnelldifferentialschutz unter Berücksichtigung der verlagerten Stoßkurzschlußströme. [Nach E. C. Wentz u. W. K. Sonnemann, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 481; 8 S., 10 B.]

Relais für Differentialschutz können bekanntlich durch sogenannte Falschströme zum ungewollten Auslösen kommen. Unter diesen Falschströmen spielen solche, die aus Übersetzungsfehlern der für den Schutz verwendeten Stromwandler herrühren, eine bedeutende Rolle. Bisher beachtete man meistens hinsichtlich der Wandler jedoch nur die Falschströme, die durch Verhältnis- und Winkelfehler entstehen. Die Verfasser behandeln nun eine weitere, bisher weniger beachtete Fehlerquelle, nämlich die Gleichstromkomponente im Stoßkurzschlußstrom. Durch diese Komponente kann ein Stromwandler in das Gebiet der Sättigung gelangen und zusätzliche Übersetzungsfehler erhalten. Die den Schutzbereich eingrenzenden Wandler werden namentlich bei einem Sammelschienendifferentialschutz und außen liegendem Fehler durch Ströme ganz unterschiedlicher Größe erregt. Die Wandler des Abganges in Richtung des Kurzschlusses führen den Summenstrom aller einspeisenden Abgänge und sind der Sättigung durch die Gleichstromkomponente am meisten ausgesetzt. Durch das Abklingen des Gleichstromgliedes sind diese Falschströme zwar zeitlich begrenzt, jedoch können sie einen schnellarbeitenden Differentialschutz beeinflussen. Diesen Umständen durch entsprechenden Bau der Wandler Rechnung zu tragen, würde eine ganz erhebliche und allgemein praktisch unmögliche Vergrößerung des Wandlereisens bedingen.

Vorgänge und Folgen der Sättigung des Stromwandlers durch die Gleichstromkomponente werden physikalisch und mathematisch ausführlich behandelt. Bei der praktischen Anwendung der hieraus gezogenen Erkenntnisse müssen eine Reihe von Vereinfachungen eingeführt werden, für die aber absichtlich ungünstige Voraussetzungen gemacht wurden, um hinsichtlich der Sicherheit des Schutzes ein einwandfreies Ergebnis zu erhalten. Die angestellten Laboratoriumsversuche zeigen, daß es möglich ist, die praktischen Verhältnisse bei der Prüfung mit genügender Genauigkeit durch Ersatzverfahren nachzuahmen und durch Beeinflussen der Kennlinie bzw. der Zeitkonstanten des Differentialrelais wirksam den geschilderten Wirkungen zu begegnen. Die Versuche wurden mit einem unabhängigen Überstromzeitrelais als Differentialrelais vorgenommen. [Anm. d. Ber.: In der neuzeitlichen Schutztechnik werden praktisch nur noch die sogenannten Quotienten- oder stabilisierten Differentialrelais angewandt. Die Verfasser geben zu, daß diese Relais nicht in dem Maße durch die Falschströme beeinflußt werden wie das betrachtete unabhängige Überstromzeitrelais. Auch schützt sich die deutsche Praxis dort, wo ein Differentialschutz für Sammelschienen oder ähnliche Aufgaben angewandt wird, durch Einfügen einer geringen unabhängigen Zeitverzögerung bzw. durch Sperren der Schnellauslösung. Wenn hierdurch ein ausgesprochenes Schnellauslösen vielleicht verhindert wird, so besteht doch der Eindruck, daß dieser Weg der einfachere und zuverlässigere ist, um so mehr, als mit den beschriebenen und offenbar nicht allgemein ganz leicht anzuwendenden Maßnahmen auch eine gewisse Auslöseverzögerung verbunden zu sein scheint, was in dem Aufsatz nicht klar zum Ausdruck kommt.] *G. Wth.*

Elektrische Maschinen

DK 621.317.351 : 621.313.32

Oszillographische Lastwinkelmessung an Synchronmaschinen. [Nach E. B. Kurtz, Gen. electr. Rev. 43 (1940) S. 406; 4 S., 8 B.]

Wird die Synchronmaschine mechanisch angetrieben oder belastet, so bewegt sich das Polrad unter aufrechterhaltener synchroner Drehzahl um einen gewissen Winkel aus der Leerlauflage vor oder zurück. Dieser Winkel, Lastwinkel genannt, ist für den Belastungszustand der Maschine kennzeichnend; er beherrscht die Theorie der Pendelungen der Synchronmaschine[1]). Für die Messung dieses Winkels sind stroboskopische Verfahren angewendet worden; in neuerer Zeit ist es in Deutschland gelungen, mit Hilfe eines leistungsfähigen Stroboskopes Lastwinkeländerungen im Film festzuhalten[1]). Zur oszillographischen Aufnahme des Lastwinkels hat man mit der Versuchsmaschine einen kleinen Synchrongenerator, der auf Netzspannung erregt ist, so gekuppelt und geschaltet, daß er in der Leerlauflage die Netzspannung zu Null ergänzt. Diese Differenzspannung ist dann proportional dem Sinus des halben Lastwinkels, also etwa diesem selbst. Richtet man diese Spannung gleich und glättet sie, so kann der Lastwinkel direkt im Oszillographen aufgezeichnet werden[2]). Die hierzu erforderlichen Geräte sind jedoch recht umfangreich. Der Lastwinkel kann als Verdrehungswinkel gegenüber einer leerlaufenden Maschine gleicher Polzahl gemessen werden. Um diesen Winkel zu messen, wird auf die Welle der Versuchsmaschine eine Scheibe mit einem Schleifdraht am Umfang gesetzt, dem über zwei Schleifringe R_1 und R_2 Gleichstrom zugeführt wird (Bild 1). Ein fester Punkt

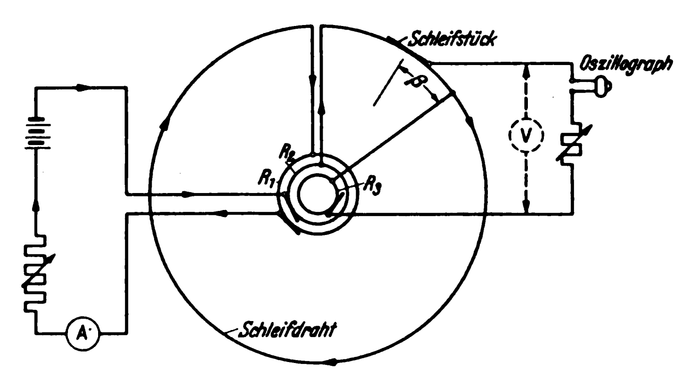


Bild 1. Schaltschema für die Messung des Lastwinkels β.

des Schleifdrahtes wird zu einem dritten Ring R_3 geführt. Die leerlaufende Vergleichsmaschine trägt eine Scheibe mit einem federnden Schleifstück, das auf dem Schleifdraht reitet. Eine einfache Einrichtung, die die Fliehkraft ausnutzt, sorgt dafür, daß das Schleifstück bei Stillstand der Vergleichsmaschine abgehoben ist. Dieses Schleifstück ist zu einem vierten Ring geführt. Ändert sich der Lastwinkel, so ändert sich die Entfernung zwischen Festpunkt und Schleifpunkt und damit die Spannung zwischen dem dritten und vierten Ring, wo sie gemessen oder oszillographiert werden kann. Um eine hohe Empfindlichkeit zu erzielen, wird man zweckmäßig Festpunkt und Schleifpunkt beim Lastwinkel Null zusammenfallen lassen. So ist es möglich, den Lastwinkel gleichzeitig mit anderen Größen, wie Spannung, Leistung, Ständer- und Läuferstrom, zu oszillographieren. Die Oszillogramme von plötzlichen Be- und Entlastungen zeigen gut das Einschwingen der Maschine in die neue synchrone Lage. Eine leichte Wellung des Lastwinkeloszillogramms ist mit der Drehzahl frequenzgleich; sie ist leicht zu erklären, wenn man annimmt, daß die Achsen der beiden Maschinen nicht genau fluchten. *Pz.*

Lichttechnik

DK 628.971.6 : 628.94

Eine neue Spiegelleuchte für Straßenbeleuchtung. [Nach J. Bergmans u. W. L. Ververst, Philips techn. Rdsch. 5 (1940) S. 227; 9 S., 12 B.]

Von erheblichem Einfluß auf die Güte von Straßenbeleuchtung ist die Leuchtenkonstruktion. Spiegelleuchten weisen gegenüber den Bauarten ohne Spiegel Vorteile auf, weil die Lichtstrahlen dorthin gelenkt werden, wo sie vornehmlich wirken sollen. Nennenswert ist auch der Einfluß der Straßendecke auf die Erzielung zufriedenstellender Beleuchtung, kraß gekennzeichnet durch den erheblichen Unterschied der Beleuchtungsgüte bei nasser oder trockener Straße. Die meßbare Beleuchtungsstärke ist in beiden Fällen die gleiche, nicht aber die wahrzunehmende Leuchtdichte, auf die es jedoch besonders ankommt, bewiesen durch die Unübersichtlichkeit einer nassen asphaltierten Fahrbahn, auf der sich — zwischen Brennstelle

[1]) Z. VDI 82 (1938) S. 386.

[1]) ETZ 60 (1939) S. 1335.
[2]) Electr. Engng. 56 (1937) S. 339.

und Beobachter — helle Streifen zwischen fast schwarzen Zonen herausbilden.

Ein Beobachter kann die Punkte gleicher Leuchtdichte feststellen, aufzeichnen und miteinander verbinden und ist dann in der Lage, an Hand der erzielbaren „Iso-Leuchtdichte-Kurven" die durch eine Leuchtenbauart gewonnene Leuchtdichte-Verteilung zu veranschaulichen. Eine sog. „Leuchtdichtekennzahl", d. i. für einen bestimmten Punkt der Straße der Quotient aus der wahrgenommenen Leuchtdichte und der Beleuchtungsstärke für die zu diesem Punkt gehörige Kombination von Beleuchtungs- und Blickrichtung, gibt einen Anhalt für die Rückstrahlungseigenschaften einer Straßendecke. Diese Eigenschaften wechseln mit der Art der Straßendecke. Es wird festgestellt, daß für gute Straßenbeleuchtung die Art der Wegdecke von geringerer Bedeutung ist als die Art des Lichteinfalls von der Brennstelle auf die Straßendecke (ohne damit zum Ausdruck zu bringen, daß die Art der Straßendecke etwa unwesentlich sei!). An Hand ermittelter oder erwünschter Leuchtdichtekennzahlen in Abhängigkeit von der Blickrichtung mit Hilfe von Schaubildern der Punkte gleicher Leuchtdichte kann die Bauart der Leuchte so beeinflußt werden, daß eine Leuchtenbauart zur Erzielung bester Gleichmäßigkeit der Leuchtdichte für den Verkehr herstellbar ist. Angestellte Messungen und Versuche ergaben, daß das Licht hauptsächlich nach der gegenüberliegenden Seite des Weges gelenkt werden muß. Die beschriebene Bauart ist so gehalten, daß ein oval gehaltenes Abschlußglas nebst Spiegel und Fassung aus einem etwa halbkugelförmig gehaltenen Oberteil herunterklappbar angeordnet ist (Bild 2). Der Spiegel steht schräg zur Fahrbahn. Bilder veranschaulichen, daß bei dieser Leuchte sowohl bei feuchter als auch bei trockener Straße gute Wahrnehmungsbedingungen erzielbar sind.

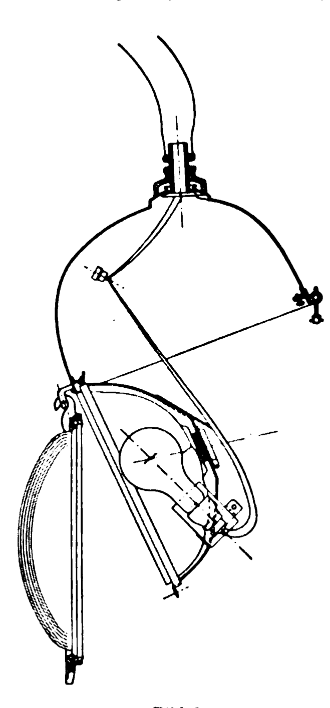


Bild 2. Spiegelleuchte in geöffnetem Zustand.

[Anm. d. Ber.: An sich stellen die in vorstehend zusammengefaßt wiedergegebener Abhandlung entwickelten Gedanken keine neuen Erkenntnisse dar, sondern sie wurden lediglich wissenschaftlich näher betrachtet. Die deutsche Leuchtenindustrie hat die Möglichkeiten der Erzielung besserer Sichtbarkeit auf der Straße durch die Lenkung der Lichtstrahlen, also Formgebung der Lichtverteilung, seit geraumer Zeit berücksichtigt. Es sind Spiegelleuchten greifbar, die das Licht so über die Straßenoberfläche verteilen, daß bestmögliche Leuchtdichte-Gleichmäßigkeit erzielt wird. Die Anordnung von Spiegelleuchten an nur einer Straßenseite mit dem Ziel, durch besondere Einrichtung der Lichtverteilung die gegenüberliegende Straßenseite außer der Seite, auf der die Brennstellen angeordnet sind, auch ausreichend zu beleuchten, ist in Deutschland und anderen Ländern schon vor Jahren mit gutem Erfolg durchgeführt worden. Eine Entwicklung von Leuchten mit einer Lichtverteilung entsprechend der beschriebenen wurde vor Beginn der Kriegshandlungen auch von weiteren namhaften Leuchtenbaufirmen aufgegriffen, so daß heute gute deutsche Bauarten zur Verfügung stehen.] *Tpn.*

Fernmeldetechnik

DK 621.394.645.3

Nichtlineare Verzerrungen in Verstärkerröhren und Niederfrequenztransformatoren. [Nach E. Kettel, Telefunkenröhre (1940) H. 18, S. 1; 32 S. 18 B.]

Die Begriffe für Linearität eines Stromsystems sowie lineare und nichtlineare Verzerrungen werden näher erläutert. Die lichtlinearen Verzerrungen lassen sich berechnen, wenn man die nichtlineare Gleichung in einer Reihe entwickelt Unter einem fastlinearen System ist ein solches mit kleinen nichtlinearen Verzerrungen zu verstehen, wobei man nur für die Grundwelle das System als nichtlinear ansehen muß, für die Oberwellen jedoch wie mit einem linearen System rechnen kann. Als Verzerrungsmaße werden der Klirrfaktor und der Modulationsfaktor benutzt. Der Klirrfaktor ist dargestellt durch den Ausdruck $K = \sqrt{K_2^2 + K_3^2 \ldots + K_n^2}$, worin $K_2, K_3 \ldots K_n$ den Prozentgehalt der betreffenden Oberwellen im Vergleich zur Grundwelle angeben. Der Modulationsfaktor m wird aus der additiven Überlagerung einer sinusförmigen Spannung großer Amplitude mit der Kreisfrequenz ω_1 und einer kleinen Wechselspannung mit der Frequenz ω_2 an einer nichtlinearen Röhrenkennlinie abgeleitet und definiert zu

$$m = \frac{S_{max} - S_{min}}{S_{max} + S_{min}} \, 100\% \quad (S \text{ Steilheit}).$$

Der Modulationsfaktor berücksichtigt also die Bildung von Kombinationstönen, der Klirrfaktor die Bildung von Harmonischen. Einfache Beziehungen zwischen m und K bestehen nur dann, wenn nur die 2. und 3. Oberwelle auftreten; sie werden errechnet für die quadratische Kennlinie zu $m_2 = 4\,K_2$ und für die kubische Kennlinie zu $\frac{m_3 = 6\,K_3}{1-3\,K_3}$.

Für jeden Punkt der Kennlinie einer Verstärkerröhre muß die Beziehung $\mu = S\,R_i$ erfüllt sein. Man kann zwei dieser Größen als konstant oder als Funktion von Gitter- oder Anodenspannung oder dem Anodenstrom ansehen, die dritte Größe, meist R_i, ergibt sich dann aus der angeführten Beziehung. Man kann damit für Röhrenverzerrungen in Niederfrequenzverstärkern folgende Fälle unterschieden:

μ = konst., $S = \mathrm{f}\,(U_g, U_a)$. Man nennt die hierbei auftretenden Verzerrungen Steilheitsverzerrungen; sie sind um so größer, je höher die Stromaussteuerung der Röhre ist.

S = konst., $\mu = \mathrm{f}\,(U_a)$. Man nennt diese Verzerrungen Durchgriffsverzerrungen oder besser Verstärkungsfaktorverzerrungen, da dieser Begriff sowohl die reinen Durchgriffs- wie die Stromverteilungsverzerrungen umfaßt. Die Verzerrungen sind um so größer, je höher die Aussteuerung der Anodenspannung ist.

$S = \mathrm{f}\,(U_g, U_a)$, $\mu = \mathrm{f}\,(U_a)$. Dies ist z. B. der Fall bei hochausgesteuerten Pentoden; es treten beide aufgeführten Verzerrungsarten auf.

Die entsprechenden Verzerrungsmaße in Niederfrequenz-Trioden und -Pentoden werden errechnet bzw. abgeschätzt. Ferner werden die Verzerrungsmaße für die in Hochfrequenz-Pentoden mit hohem Innenwiderstand und kleiner Anodenspannungsaussteuerung auftretenden verschiedenen Formen der Steilheitsverzerrungen, nämlich die Modulationsverzerrung, Kreuzmodulation, Brummodulation, durchgerechnet. Zum Schluß werden die Eisenverzerrungen behandelt. Die Verzerrungen sind durch den nichtlinearen Zusammenhang zwischen H und B bedingt, also durch die Hysteresekurve gegeben. Ohne Vormagnetisierung ist die Hysteresekurve symmetrisch, die entstehenden Verzerrungen werden nur ungerade, vorwiegend die dritte Harmonische enthalten. Bei Vormagnetisierung werden infolge der Unsymmetrie der Kurve noch zusätzlich geradzahlige Oberwellen auftreten. Mit steigender Vormagnetisierung werden die Verzerrungen kleiner. Am Ersatzschaltbild für einen aus einer Spannungsquelle $E\,(\omega)$ mit dem inneren Widerstand R_i und einer Eisendrossel L bestehenden Stromkreis, das von dem ursprünglichen Schaltbild insofern abweicht, als eine Oberwellenspannungsquelle $E\,(n\,\omega)$ in Reihe mit dem nunmehr als linear angenommenen L eingefügt ist, wird für $R_i = \infty$ der Leerlaufklirrfaktor K_L zu $E\,(n\,\omega)/I\,(\omega)\,\omega\,L$ abgeleitet. Für Belastung durch R_i ergibt sich der Spannungsklirrfaktor

$$K_e = K_L \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{n\,\omega\,L}{R_i}\right)^2}}$$

und der Klirrfaktor des fließenden Stromes

$$K_i = K_L \cdot \frac{1}{\sqrt{n^2 + \left(\frac{R_i}{\omega\,L}\right)^2}}.$$

Ein einfaches Meßverfahren für den Leerlaufklirrfaktor wird beschrieben; Meßergebnisse sind in Kurvenform dargestellt. Eine Berechnung des Klirrfaktors bei fehlender Vormagnetisierung sowie Beispiele für die Berechnung der Eisenverzerrungen in einer Gegentaktendstufe und einer Endstufe mit einer Röhre beschließen die Abhandlung. *Ms.*

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Transformatoren

Der Technische Ausschuß der Fachabteilung 2 „Transformatoren" der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie hat einen Entwurf zu

DIN 42602 „Transformatoren. Drehstrom-Öltransformatoren nach DIN 42600, 42601, 42603 bis 42606. Größtmaße und Abmessungen der Rollen"

aufgestellt, der eine Neubearbeitung des vom Juni 1923 stammenden Normblattes DIN VDE 2602 „Einheitstransformatoren. Raumbedarf" darstellt und gleichzeitig das bisherige Normblatt DIN VDE 2611 „Transformatoren: Mittenabstände und Spurweiten für Transportrollen, Angabe des Gewichtes" ersetzen soll.

Abzüge dieses Entwurfes können bei der Geschäftsstelle der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, Berlin W 35 Corneliusstr. 3, angefordert werden.

Einsprüche und Anregungen erbitten wir bis spätestens zum 25. Juli 1941 an die Geschäftsstelle des VDE.

Rundfunkstörungen

Der Ausschuß für Rundfunkstörungen hat beschlossen, an

VDE 0875/XII. 40 „Regeln für die Hochfrequenzentstörung von elektrischen Maschinen und Geräten für Nennleistungen bis 500 W"

folgende Änderung vorzunehmen:

Das Sternchen * an „unsymmetrisch µF" in Tafel I, Spalte 4, wird entfernt und hinter dem Wort „Mindestwerte" in der Überschrift der Tafel I angebracht.

Die Fußnote * zu Tafel I erhält folgenden neuen Wortlaut:

„Kapazitäts-Höchstwerte mit Rücksicht auf den Berührungsschutz sind in § 7 von VDE 0874/1936 festgelegt".

Die Änderung wurde im Juni 1941 durch den Vorsitzenden des VDE genehmigt und tritt am 15. Juli 1941 in Kraft.

Schutzleitungsanschlüsse

In ETZ 53 (1932) S. 734 hatten die Kommissionen für Maschinen und Transformatoren und für Erdung einen Entwurf zu dem Normblatt

DIN VDE 6208 „Schutzleitungsanschlüsse"

veröffentlicht.

Da dieser Entwurf durch andere Normen, beispielsweise die in Neubearbeitung befindlichen Normen für Kopfkontaktschrauben (DIN VDE 6206) und das Normblatt für Erdungs- und Schutzzeichen (DIN VDE 11) überholt ist, wird der Entwurf hierdurch zurückgezogen.

Elektrische Maschinen

Die Fachabteilung 16 „Kohle und Bürsten" der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie hat eine Umarbeitung der bisherigen Normblätter DIN VDE 2900 Blatt 1 und 2 vorgenommen und neue Entwürfe

DIN 42900 Blatt 1 Bürsten für Kommutatoren und Schleifringe

DIN 42900 Blatt 2 Toleranzen für Bürsten für Kommutatoren und Schleifringe

aufgestellt.

Abzüge dieser Entwürfe können gegen RM —,30 je Stück in Briefmarken von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, Berlin W 35, Corneliusstr. 3, angefordert werden.

Eventuelle Einsprüche erbitten wir bis zum 20. Juli 1941 an die Geschäftsstelle des VDE.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Neu erschienene Normblätter für Elektrotechnik

Die nachstehend aufgeführten Normblätter bzw. Einheitsblätter sind letzthin erschienen und können vom Beuth-Vertrieb, GmbH., Berlin SW 68, Dresdener Str. 97, bezogen werden.

Nachrichtentechnik

DIN E 41341	Festkondensatoren: Keramik-Kondensatoren, elektrische Daten und Aufbau (April 1941)
DIN E 41410	Festwiderstände: Drahtwiderstände bis 50 W, Allgemeines (April 1941)
DIN E 41411	—: — Nennlast 0,5 W (April 1941)
DIN E 41412	—: — Nennlast 1 W (April 1941)
DIN E 41413	—: — Nennlast 2 W (April 1941)
DIN E 41414	—: — Nennlast 3 W (April 1941)
DIN E 41415	—: — Nennlast 4 W (April 1941)
DIN E 41416	—: — Nennlast 6 W (April 1941)
DIN E 41418	—: — Nennlast 12 W (April 1941)
DIN E 41420	—: — Nennlast 25 W (April 1941)
DIN E 41423	—: — Nennlast 50 W (April 1941)
DIN E 41528	Spulenkörper für Feindraht-Festwiderstände (Mai 1941)

Elektrowärmetechnik

DIN 44911	Einzelkochplatten, Bratpfannen: Nenndurchmesser (Mai 1941)
DIN 44915	Kocher, Strahlöfen, Bügeleisen (Mai 1941)

Maschinen

DIN 1817	Werkzeugmaschinen, Einbautafeln für Schaltgeräte: Einbaumaße (Mai 1941)

Magnesium-Halbzeug

DIN 9709	Rohr aus Magnesiumlegierungen, gepreßt (April 1941)
DIN 9710	—, gezogen (April 1941)

Kraftfahrbau

DIN 72311 FI	Galvanische Batterien, Bleisammler (2. Ausgabe, Februar 1941)
DIN 72451 FI	Anlasser, Übersicht und Erläuterungen (April 1941)
DIN 72551 Blatt 1	Elektrische Leitungen (nicht für Anlasser), Abmessungen und Prüfvorschriften (Ersatz für DIN Kr 2551; März 1941)
Blatt 2	Elektrische Leitungen für Anlasser, Abmessungen und Prüfvorschriften (Ersatz für DIN Kr 2551; März 1941)
DIN 72755 FI	Schalter, Übersicht und Zuordnung (März 1941)
DIN 72757 FI Blatt 1	Lichtdrehschalter, Schaltstellungen bei Motorfahrrädern und Krafträdern (März 1941)

DIN 72758 FI Blatt 1	Elektrischer Abblendschalter ohne und mit Horndruckknopf zum Scheinwerfer mit 105 mm Lichtaustritt-Durchmesser für Motorfahrräder (März 1941)
DIN 72766 FI	Schaltkasten mit Schaltschlüssel für Personenkraftwagen und Lastkraftwagen (März 1941)
	Wehrmacht
DIN 92001	Leichte Marine-Kunststoffschlauch-Leitung, abgeschirmt, LMKLC (März 1941)
DIN 92002	Kunststoffschlauch-Leitung, abgebunden (Ersatz für MWaN 261 81; März 1941)
DIN 92003	Pivot-Marine-Kunststoff-Leitung, PMKL (April 1941)
DIN 92004	Halter für Leitungen mit 7,5 mm Außendurchmesser (Ersatz für MWaN 262 80; März 1941)
DIN 92005	Abzweigdose für Leitung LMKLC 2 × 0,75 DIN 92001 (März 1941)
DIN 92006	Stecker, zweipolig, 0,5 A 6 V (Ersatz für MWaN 265 82; März 1941)
DIN 92007	Flanschsteckdose, zweipolig, 0,5 A 6 V (Ersatz für MWaN 265 83; März 1941)
DIN 92008	Zwischenstecker, zweipolig, 0,5 A 6 V (Ersatz für MWaN 265 84; März 1941)
DIN 92009	Verschlußkappe für Flanschstecker und Flanschsteckdosen (Ersatz für MWaN 265 85; März 1941)
DIN 92010	Verdunkler 6 V (Widerstand) (Ersatz für MWaN 277 80/81; März 1941)
DIN 92011	Haken für Sammler (Ersatz für MWaN 299 80; März 1941)
DIN 92012	Untersatz für Sammler (Ersatz für MWaN 299 81; März 1941)
DIN 92013	Beleuchtung 4 V, Lichtschlitz seitlich (Ersatz für MWaN 303 80; März 1941)
DIN 92014	Beleuchtung 4 V, Lichtschlitz vorn (Ersatz für MWaN 303 81; März 1941)
DIN 92015	Beleuchtung 4 V, ohne Lampengehäuse (Ersatz für MWaN 303 82; März 1941)
DIN 92047	Steckdose, zweipolig, 0,5 A 6 V (März 1941)
DIN 92048	Flanschstecker, zweipolig, 0,5 A 6 V (März 1941)
DIN 92049	Zwischensteckdose, zweipolig, 0,5 A 6 V (März 1941)
HgN 25010	Rückstrahler (DIN 72616 FI gekürzt und mit Zusätzen; 4. Ausgabe, Februar 1941)
KM 5193 Bl. 1 Vornorm	Kabel und Leitungen: Marine-Innenschaltungs-Leitungen (einadrig), Bezeichnung MIL, Aufbau und Zahlentafel (2. Ausgabe, April 1941)
LgN 12645	Bänder für elektrische Leitungen, Technische Forderungen (April 1941)
MWaN 26180	Leichte Marine-Gummischlauchleitung, abgeschirmt, Bezeichnung LMGLC (Januar 1941)
MWaN 26281	Abzweigdose für Leitung LMGLC (Januar 1941)

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Hochfrequenzentstörung von elektrischen Maschinen und Geräten bis 500 W

Nach § 1b VDE 0875/XII. 40 dürfen Haushaltgeräte mit Kleinstmotoren (Handhaarscheren, Handmassagegeräte, Heißluftduschen, Kaffeemühlen, Lüfter, Nähmaschinenmotoren, Plattenspieler, Bohner, Haartrockengeräte, Handtrockner, Küchenmotoren, Massagemotoren, Staubsauger, Wäscheschleudern, Bügelmaschinen, Kühlschränke, Waschmaschinen), die diesen Regeln nicht entsprechen, ab 1. 1. 42 nicht mehr hergestellt werden. Die erteilten Genehmigungen zur Führung des VDE-Zeichens bleiben nur dann über den genannten Zeitpunkt hinaus bestehen, wenn die in Frage kommenden Erzeugnisse der VDE-Prüfstelle rechtzeitig zur Nachprüfung nach VDE 0875/XII. 40 vorgelegt werden und wenn dabei festgestellt wird, daß sie diesen Regeln entsprechen.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Dall

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 539

Das freie Elektron in Physik und Technik. Vorträge, veranstaltet durch den Bezirk Berlin des VDE in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der T.H. Berlin. Herausgeg. v. Dr. C. Ramsauer. Mit 223 B., VII u. 270 S. im Format 147 × 230 mm. Verlag von Julius Springer Berlin 1940. Preis kart. 24 RM, geb. 25,50 RM.

Zwölf Vorträge, von denen die ersten sechs die physikalischen Grundlagen, die restlichen sechs die technischen Anwendungen behandelten, sind hier für den Druck bearbeitet in einer Art Monographie über das im Titel genannte Thema gesammelt und allen denen zugänglich gemacht worden, die nicht das Vergnügen haben konnten, sie zu hören. Allen Beteiligten und nicht zuletzt dem Herausgeber wird man sehr dankbar sein müssen, daß sie so unser physikalisch-technisches Schrifttum um ein wirklich wertvolles und inhaltsreiches Buch bereichert haben. Ich glaube, daß jeder Leser, auch der mit den behandelten Themen bereits vertraute, hier irgend etwas Neues finden wird, sei es nun sachlich oder didaktisch. In den mehr physikalisch orientierten Abschnitten der ersten Gruppe sind verschiedentlich Stellen verborgen, an denen auch der Fachphysiker seine Freude haben wird; als Beispiel seien etwa erwähnt die Ausführungen Kossels über die Grenzen der Wellentheorie. Etwas zu kurz gekommen sind vielleicht die rein theoretischen Spekulationen über die Natur des Elektrons, die sich bis hinauf zu der Diracschen Theorie auch ohne viele Rechnungen in ihren physikalischen Grundgedanken für ein normales Gehirn verdaulich hätten darstellen lassen. Von den technischen Abschnitten geben fast alle Übersichten über Teilgebiete, wie sie in dieser zusammenfassenden Kürze bisher wohl noch nicht zur Verfügung standen; genannt seien hier insbesondere die Abschnitte 7, 10, 11 und 12.

Zur Orientierung über den reichhaltigen Inhalt muß hier leider eine Aufzählung der Themen der einzelnen Vorträge genügen: Das freie Elektron (W. Gerlach). — Wechselwirkung zwischen Elektron und Materie (C. Ramsauer). — Elektronenbefreiung (W. Schottky, A. Recknagel). — Entladungserscheinungen (M. Steenbeck). — Strahlungsanregung von Gasen und festen Körpern (R. Frerichs). — Röntgenphysik (W. Kossel). — Systematik der Elektronengeräte (E. Brüche). — Verstärker- und Senderöhren (H. Rukop). — Nichtstationäre Vorgänge in Elektronenröhren (H. Rothe). — Stromrichter (A. Glaser). — Abbildungsgeräte (E. Ruska). — Leuchtröhren (H. Ewest).

Für eine vermutlich bald zu erwartende zweite Auflage könnte außer durch einige Kleinigkeiten — so z. B., daß die hübschen Bilder von Cerenkov ohne eine Erläuterung kaum verständlich sein dürften — eine Verbesserung noch erzielt werden dadurch, daß das Schrifttumsverzeichnis entweder vollständiger und systematischer gestaltet oder am besten ganz weggelassen wird, und insbesondere durch die Hinzufügung eines recht ausführlichen Sachverzeichnisses. Aber auch dies sind nur Nebensächlichkeiten — vielleicht bis auf das Fehlen des Sachverzeichnisses — die niemandem die ungetrübte Freude an diesem schönen Buch verderben werden.

R. Seeliger

Berichtigung

Im Inhaltsverzeichnis der ETZ 1. Halbjahr 1941, das dem Heft 26 beigegeben wurde, ist versehentlich der Inhalt von Heft 24 nicht berücksichtigt worden. Wir werden ihn im Verzeichnis über das 2. Halbjahr 1941 nachträglich aufführen.

Auf Verlangen stellt die ETZ-Verlag G. m. b. H. auch schon jetzt einen Berichtigungsbogen zur Verfügung, aus dem die Nachträge ausgeschnitten und an der betreffenden Stelle des Verzeichnisses eingeklebt werden können.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

H. Dehler VDE, Köln, Merlostr. 8
W. A. E. Peters VDE, Berlin-Hermsdorf, Brandtstr. 8
Oberreg.-Baurat Dr.-Ing. H. J. Zetzmann VDE, Berlin-Lichterfelde, Lilienstr. 4

Abschluß des Heftes: 27. Juni 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 10. Juli 1941 | Heft 28

Kathodenstrahloszillographische Untersuchung eines Blitzes

(Mitteilung aus dem Institut für Hochspannungsforschung, Universität Upsala, Schweden)

Von Harald Norinder, Upsala

DK 551.594.221 : 621.317.351

Übersicht. Zwei Blitzschläge werden beschrieben, bei denen die Wirkungen bekannt sind und Kathodenstrahloszillogramme zur Erklärung der Wirkungen vorliegen.

Während des letzten Dezenniums hat man grundlegende Forschungen betrieben, um die Entladungseigenschaften des Blitzes zu bestimmen. Die immer größere Verwendung von Überspannungsableitern hat gewisse Probleme der Blitzforschung in den Vordergrund gerückt, und besonders tritt in diesem Zusammenhang die Frage der Änderungseigenschaften des Blitzstromes mit der Zeit hervor.

Infolge der vorliegenden umfassenden Beobachtungen mit magnetischen Stahlstäbchen hat man ein reichhaltiges Material über die Höchstwerte des Blitzstromes erhalten. Mit Sicherheit weiß man, daß die Werte zwischen 50 kA und den höchsten gemessenen Werten von der Größenordnung 100 kA nur einige Prozent von den beobachteten Werten der Blitzstromstärke umfassen. Der Hauptteil von den Höchstwerten der Stromstärke liegt bedeutend unter 50 kA.

Stellt man sich dagegen die Frage nach der Gesamtdauer des Blitzstromes, so sind die gewonnenen Beobachtungsresultate nicht so umfassend. Mit Sicherheit weiß man, daß bei Blitzentladungen die einzelnen Stromstöße oft eine Dauer von der Größenordnung 100 μs haben. Einige Beobachtungen und Umstände deuten darauf, daß Blitzentladungen mit bedeutend größerer Dauer als 100 μs in gewissen Fällen auftreten können. Untersuchungen von Blitzentladungen auf photographischem Wege mit rotierender Kamera haben auf die Existenz derartiger Blitzentladungen mit längerer Dauer hingedeutet. Man behauptet, daß diese langsameren Entladungen verhältnismäßig niedrige Stromstärkewerte aufweisen.

Aus gewissen Beobachtungen an Überspannungsableitern, die während des Betriebes nicht zufriedenstellend gearbeitet haben, hat man bisweilen den Schluß gezogen, daß die entstehenden Schäden möglicherweise durch Blitzentladungen von längerer Dauer verursacht worden sind. Die nähere Untersuchung der Entladungseigenschaften des Blitzes ist demgemäß immer brennender geworden, und in den Arbeitsaufgaben des Instituts für Hochspannungsforschung an der Universität Upsala hat man seit vielen Jahren diesen Fragen große Aufmerksamkeit zugewandt. Wie schon früher erwähnt worden ist, gebraucht man bei diesen Untersuchungen in Upsala besondere Methoden für die Bestimmung der Entladungseigenschaften des Blitzes[1]). Hierbei sind Antennen in Verbindung mit Kathodenstrahloszillographen benutzt worden. Die Meßanordnung ermöglicht die Registrierung der Änderungen des von der Blitzbahn ausgehenden elektromagnetischen Feldes. Solange diese Messungen mit gewöhnlichen Waagerechtantennen ausgeführt werden, kann man nur gewisse allgemeine Schlüsse auf die Änderungseigenschaften der Blitzentladungen ziehen. Unter der Voraussetzung, daß man zweckmäßig angepaßte Rahmenantennen mit im übrigen guten Eigenschaften benutzt, kann man aus den Rahmenoszillogrammen die Änderungen der Stromstärke in der Blitzbahn durch Berechnungen bestimmen. Was diese Methode besonders interessant und brauchbar macht, ist vielleicht nicht allein die Berechnung der Amplitudenwerte der Stromstärke. Es liegt nämlich in der Natur der Sache, daß die Berechnungen notwendigerweise nur in einem gewissen Annäherungsverfahren durchgeführt werden können. Dieser Nachteil kann zum Teil durch umfassende Beobachtungsreihen über die Höchstwerte der Blitzstromstärke ausgeglichen werden. Die offenbaren Vorteile der Methode liegen vor allem darin, daß sie eine Untersuchung über die Änderungseigenschaften des Blitzstromes mit der Zeit in der freien Atmosphäre ermöglicht.

In den letzten Jahren sind am Institut für Hochspannungsforschung eine größere Anzahl von Oszillogrammen und Beobachtungen über Blitzentladungen aufgenommen worden. Ehe diese interessanten und umfassenden Beobachtungen für die Veröffentlichung bearbeitet und ausgewertet sind, ist es mit Rücksicht auf die oben gemachten Ausführungen wünschenswert, einige besondere Fälle vorab zu behandeln. Dies gilt besonders für einen Fall, der sich während des Sommers 1940 in der Nähe der Beobachtungsanordnungen des Instituts ereignete und vom Kathodenstrahloszillographen registriert worden ist.

Ehe ich auf eine nähere Beschreibung und Untersuchung dieses Falles eingehe, möchte ich einen früheren Fall streifen. Schon im Jahre 1930 war es uns gelungen, mittels eines Kathodenstrahloszillographen und einer Waagerechtantenne einen direkten Blitzschlag nach Erde zu registrieren. Der Abstand dieses Blitzes von dem Beobachtungsorte war 3,3 km, und infolge Beobachtungen eines Mannes, der sich in der Nähe von dem Blitzeinschlag befand, war es möglich, die Lage des Blitzeinschlages festzustellen. Das Bemerkenswerteste war, daß dieser Blitz eine sehr große Fichte in einer Weise, wie es für einen kalten Blitzschlag typisch ist, zer-

[1]) Harald Norinder, ETZ 56 (1935) S. 393.

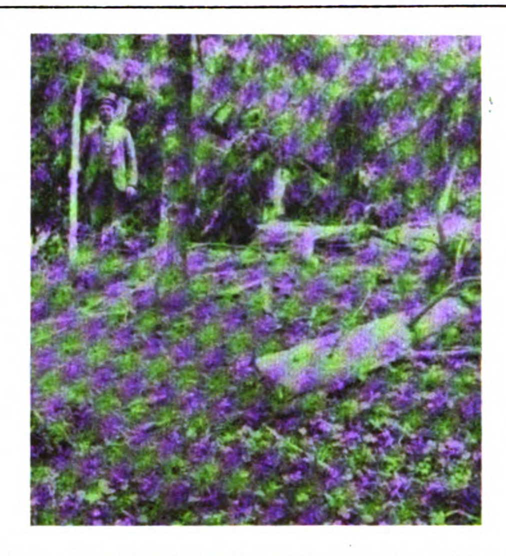


Bild 1. Eine durch kalten Blitzschlag zersplitterte Fichte.

Bild 2. Durch kalten Blitzschlag hinweggeschleuderte Holzsplitter.

splitterte. Der Durchmesser dieser Fichte bei dem Wurzelende war 45 cm. Die Zersplitterung des Baumes war so heftig, daß große Teile des Stammes 30 m weit hinweggeschleudert wurden. Eine Vorstellung von der Heftigkeit der Zersplitterung des Baumes erhält man durch Bild 1 und 2. Splitter in einer Länge von mehreren Metern wurden weit hinweggeschleudert. Der Erdboden am Standort des Baumes hatte spezifische Erdwiderstandswerte, die für eine gewöhnliche Erdplatte einem Widerstandswert von 50 bis 100 Ω entsprachen. Die Änderung des elektrischen Feldes, von dem zersplitternden Blitze verursacht, wurde mit einem Kathodenstrahloszillographen aufgezeichnet, und in Bild 3 ist die entsprechende Aufnahme wiedergegeben. Eine nähere Untersuchung des Oszillogramms zeigte, daß die Blitzentladung teils aus einigen Vorentladungen und teils aus einer Hauptentladung bestand. Die Vorentladungen zeigen negative Amplitudenwerte und die Hauptentladung positive. Die letztere ist durch eine sehr steile Front charakterisiert, die im Oszillogramm mit A bezeichnet ist.

Die Ausschläge des Oszillographen haben während einiger Zeitmomente der Registrierung die Ausschlagsgrenze überschritten. Von besonderem Interesse in dieser Blitzentladung ist die Stirnsteilheit, und leider bestehen gewisse Schwierigkeiten, diese genau zu bestimmen. Aus der Schwärzung der Frontregistrierung und durch Vergleich mit anderen Registrierspuren mit bekannter Frontsteilheit kann man indessen schätzen, daß die Aufgangszeit der Front nicht größer als einige Zehntel einer Mikrosekunde war.

Eine genaue Untersuchung des zersplitterten Baumes ergab auf den frischen Flächen keinerlei Spuren von Brandschäden, so daß man in diesem Falle mit einem typischen sogenannten kalten Blitzschlag zu rechnen hat. Durch Experimente im Laboratorium versuchte man übrigens, die kalten Blitzschläge nachzubilden. Aus den Versuchen wurde geschlossen, daß die kalten Blitzschläge wahrscheinlich aus Entladungsvorgängen mit kurzer Dauer bestehen. Auf einer gestreckten Antenne muß ein derartiger kurzdauernder Blitzschlag eine außerordentlich steile Front erzeugen, und aus dem Oszillogramm geht auch unzweideutig hervor, daß dies wirklich der Fall war.

Im Gegensatz zum kalten Blitzschlag steht der sogenannte warme oder zündende Blitzschlag, und eine besonders günstige Gelegenheit verschaffte uns, wie oben erwähnt, im Sommer 1940 die Möglichkeit, eine derartige Blitzentladung eingehend zu untersuchen.

Am 12. Juli 1940 nachmittags war man beim Institut in einem der beweglichen Feldwagen[2]) mit oszillographischen Untersuchungen von Blitzentladungen mittels Rahmenantennen beschäftigt. Ein Gewitter in westlicher Richtung vom Institut stand soeben unter Beobachtung und Registrierung. Die Gewitterwolke unter Beobachtung erwies sich als ziemlich ausgestreckt. Außen im Freien arbeiteten zwei Beobachter mit Bestimmung von Richtung, Winkelhöhe und Abstand von sichtbaren Blitzentladungen. Unterdessen

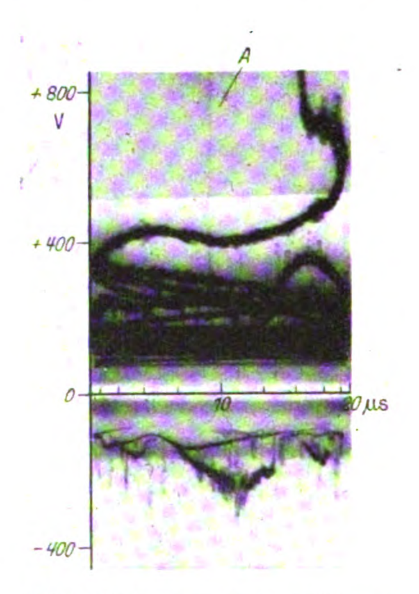


Bild 3. Oszillogramm eines zersplitternden kalten Blitzschlages.

entwickelte sich in einem Abstand von 3 bis 6 km in nordwestlicher Richtung eine sehr abgegrenzte und schöne Gewitterwolke, die sich allmählich auftürmte und ein drohendes Aussehen annahm. Die Beobachter richteten ihre Aufmerksamkeit auf die Gewitterwolke, da sie annahmen, daß ein Blitz plötzlich von der Wolke herauswachsen könnte. Dies trat um 14^h 56^m 12^s ein. Die beiden Beobachter, die unabhängig voneinander arbeiteten, erhielten gut übereinstimmende Werte der Blitzrichtung, der Winkelhöhe und des Abstandes. Ich selbst hatte zufälligerweise meinen Standort an der nordöstlichen Grenze der Stadt Upsala und damit eine gute Möglichkeit, die Gewitterwolke anzusehen. Als ich die Blitzentladung beobachtete, war mein erster Eindruck, daß der Blitz seltsam

[2]) Harald Norinder, ETZ 59 (1938) S. 105.

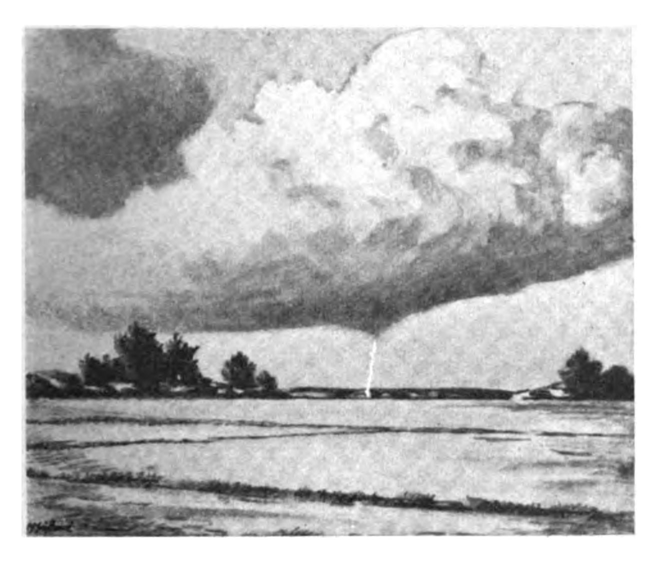


Bild 4. Zeichnung der Gewitterwolke mit einem tödlichen und zündenden Blitzschlag nach Erde; gezeichnet von M. Säflund, Upsala, nach unseren Angaben.

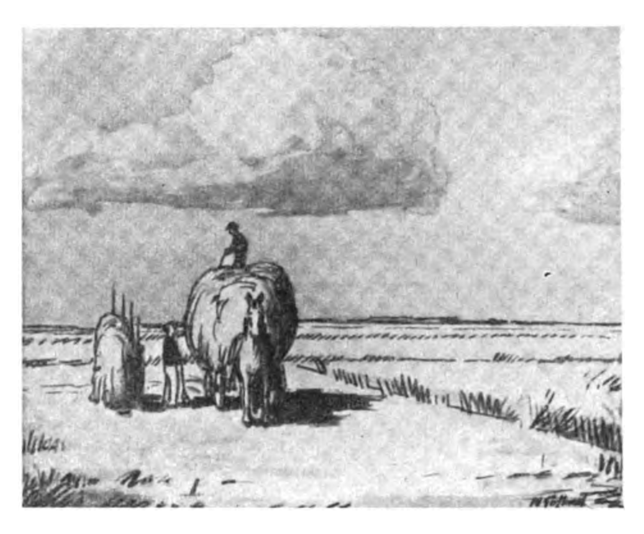


Bild 5. Lage vor dem Eintreffen des Blitzschlages in Bild 4; gezeichnet von M. Säflund nach unseren Angaben.

regelmäßig und kräftig war, und ich hoffte, daß unsere Meßeinrichtungen beim Institut den Blitz wirklich gefangen hätten. Außerdem war mein allgemeiner Eindruck, daß sich die Blitzentladung als verhältnismäßig langdauernd zeigte. Der Blitz hatte eine ausgeprägte Entladungsrichtung gegen Erde und war die einzige Entladung, die sich aus der Gewitterwolke entwickelte (Bild 4). Es hatte sich demgemäß eine Entladung mit bestimmten Grenzbedingungen entwickelt, wo die Ladungs- und Feldverhältnisse nur für eine einzige Blitzentladung angepaßt erschienen.

Der Blitz sollte eine sehr tragische Wendung verursachen. Außen in der freien, offenen Ebene auf 4,5 km Entfernung vom Institute auf einem grasbewachsenen Acker war ein Landmann mit seinem Knecht beschäftigt, das Heu einzufahren. Er stand auf der Heufuhre und war im Gespräch mit seinem Knecht (Bild 5).

Plötzlich wurde der Landmann vom Blitz getroffen und seine Kleider und die Heufuhre in Brand gesetzt. Der neben ihm stehende Knecht wurde für eine kleine Weile bewußtlos, und als er wieder erwachte, sah er, daß sein Herr von der Heufuhre hinuntergestürzt war. Seine Kleider und die Fuhre standen in Brand. Der Knecht schleifte mit Hilfe von einigen herbeieilenden Personen seinen Herrn etwas von der Fuhre hinweg. Das Feuer der Kleider wurde gelöscht, und man begann, künstliche Atmung auszuführen. Der Landmann hatte ziemlich ernsthafte Brandwunden auf seinem Oberkörper. Das Pferd war während des Unglücksfalles vor dem Wagen gespannt, und es fiel beim Blitzschlag auf die Knie der Vorderbeine nieder. Sehr eigentümlich war das Benehmen des Pferdes. Man beobachtete keine äußeren Schäden; das Pferd wurde vom Wagen abgespannt; es stand nach Anruf auf und lief nach einem Acker in der Nähe, wo es zu weiden begann. Unterdessen fuhr man mit der künstlichen Atmung fort, doch ohne Erfolg. Als man nach ungefähr einer Stunde das Pferd holen wollte, fand man es tot liegen. Wie lange es nach dem Blitzschlag lebte, war nicht mit Sicherheit festzustellen, aber wenigstens noch eine Viertelstunde nach dem Blitzschlag wurde es weidend beobachtet.

Der Landmann trug eine größere Taschenuhr mit Schutzgehäuse aus Metall an einer Metallkette. Diese war sehr geschwärzt und trug typische Schmelzspuren. Einige der Kettengelenke waren mit sehr deutlichen, vom Schmelzprozeß herrührenden Abrundungen abgeschmolzen. Teilweise waren die Gelenke ganz zusammengeschmolzen. Das Schutzgehäuse zeigte flächenförmig ausgedehnte Schmelzspuren auf dem unteren Teil des Gehäuses, also an der Stelle kleinsten Abstandes gegen Erde. Mit größter Wahrscheinlichkeit hat ein hauptsächlicher Teil des Blitzstromes seinen Weg durch die Kette genommen. Einige Versuche mit großen Stoßströmen an Ketten der gleichen Art an der Stoßstromanlage des Instituts ergaben, daß zur Erzielung der gleichen Schmelzwirkung Stoßströme von einer Dauer von mehreren hundert Mikrosekunden angewendet werden müßten. Einwandfreie Stoßströme von derartiger langer Dauer können z. Z. noch nicht erzeugt werden.

Die Taschenuhr war auf dem oben angegebenen Zeitpunkt stehen geblieben, und eine nähere Untersuchung ergab, daß die inneren Teile der Uhr, die aus Stahl bestanden, verhältnismäßig stark magnetisiert worden waren, was darauf hinweist, daß der Blitzentladungsstrom gleichgerichtet war.

Der Blitzschlag erfolgte über offenem, flachem Acker; der Boden bestand unter der Ackerkrume aus Lehm. In 12 m Abstand von der Einschlagstelle läuft ein kleiner Graben.

Zur Feststellung des spezifischen Erdwiderstandes in der Umgebung des Blitzeinschlages wurde der Widerstand in zwei zueinander senkrechten Achsen, die sich im Blitzschlagspunkt kreuzten, gemessen. Als Abstand zwischen den Meßpunkten wurde 25 m ausgewählt. Es ist erwähnenswert, daß der höchste Widerstandswert von 10,5 kΩ · cm an der Einschlagstelle selbst beobachtet wurde. Die anderen 16 gemessenen Widerstandswerte halten sich zwischen 3 kΩ · cm und 6 kΩ · cm. Ob der hohe Widerstandswert am Orte des Blitzschlages durch den Einschlag selbst erst verursacht worden ist, läßt sich nicht mit Bestimmtheit sagen. Die Herabsetzung des Leitungsvermögens im Erdboden am Treffpunkt des Blitzes läßt sich durch eine zufällige Austrocknung des Erdbodens durch das Brennen der Heufuhre erklären. Eine neue Messung im Frühling dieses Jahres nach Auftauen des Erdbodens ergab nämlich, daß der höchste spezifische Widerstand von 10,5 kΩ · cm an der Einschlagstelle auf 6 kΩ · cm herabgesetzt war. Jedenfalls ergeben die Widerstandsmessungen gar keinen Anhalt, warum der Blitz gerade an dieser Stelle einschlug. Da der Wagen mit der Heufuhre und dem darauf stehenden Mann den höchsten Punkt in einem Umkreis von mindestens 300 m darstellte, muß die aus diesem Umstand entstehende Konzentration des Feldes in der Nähe des Wagens jedenfalls als eine der Ursachen angesehen werden, warum der Wagen vom Blitz getroffen wurde.

Außer diesen Beobachtungen und Schlußfolgerungen einer Blitzentladung mit besonders regelmäßigen Verhält-

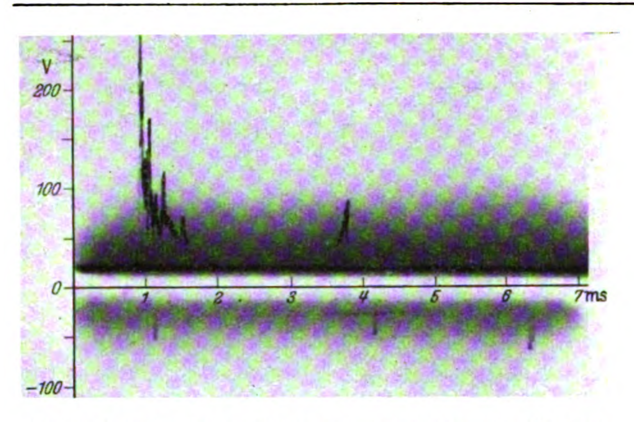


Bild 6. Kathodenstrahloszillogramm des Blitzschlages in Bild 4 bei geringerer Schreibgeschwindigkeit des Kathodenstrahles.

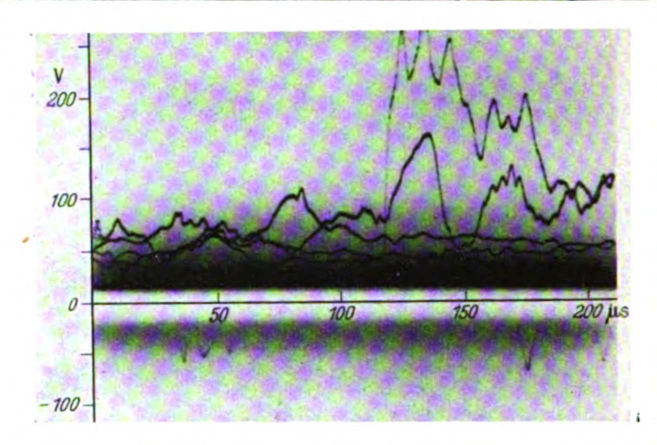


Bild 7. Kathodenstrahloszillogramm des Blitzes in Bild 4 bei großer Schreibgeschwindigkeit des Kathodenstrahles.

nissen ergeben die durch das Institut mit Kathodenstrahloszillographen und Rahmenantennen aufgezeichneten Oszillogramme weitere Aufschlüsse. Zwei Oszillographen waren während der Blitzentladung in Betrieb für die Aufnahme an den Rahmenantennen; der eine war auf schnelles und der andere auf langsameres Schreiben eingestellt.

Die beiden aufgenommenen Originaloszillogramme sind in Bild 6 und 7 wiedergegeben. Aus der langsamen Registrierung geht hervor, daß die Blitzentladung von zwei Stromstößen mit ganz verschiedenen Stromamplituden bestand. Zwischen den zwei Stromimpulsen liegen 9,5 ms. Der langsam arbeitende Oszillograph war für verhältnismäßig kleinen Zeitunterschied zwischen aufeinanderfolgenden Stromentladungen eingestellt, und da der betreffende Blitz einen Ausnahmefall in dieser Hinsicht darstellt, haben sich einige Schwierigkeiten in der Auswirkung bezüglich der Reihenfolge der beiden Impulse ergeben. Nach einer noch nicht veröffentlichten Untersuchung des Verfassers, bei der 125 mit bloßem Auge sichtbare Blitze auf die Feldintensität von aufeinanderfolgenden Entladungen geprüft wurden, weist für Blitze mit zwei aufeinanderfolgenden Entladungen die erste in 83 % der Fälle und für Blitze mit drei aufeinanderfolgenden Entladungen in 56 % der Fälle die höchste Feldintensität auf. Somit kann mit großer Wahrscheinlichkeit gesagt werden, daß der Stromimpuls mit dem größten Amplitudenwert zeitlich die erste Entladung war, und daß die kleinere eine schwächere Nachentladung darstellt.

Aus dem Oszillogramm in Bild 7 sind die entsprechenden Werte der Stromstärke berechnet worden, und die Ergebnisse sind in Bild 8 wiedergegeben. Ein auffälliger Unterschied zwischen den Amplituden der Stromstärke und der Gesamtdauer der beiden Entladungen ist offenbar. Der Höchstwert der schwächeren erreicht 5 kA mit einer Dauer im Oszillogramm von ungefähr 200 µs. Aus dem Verlauf des Abklingens der Stromstärke kann man die Gesamtdauer zu 300 µs schätzen. Die aus dem Oszillogramm abgelesene Dauer der stärkeren Entladung beträgt etwa 800 µs, und mit dem Abklingen kann man die entsprechende Gesamtdauer zu 1000 µs setzen. Dieser Blitz hatte also eine außergewöhnlich lange Entladungsdauer.

Der Höchstwert des Stromes 22,5 kA wurde in 20 µs erreicht. Nach 10 µs (Frontdauer) traf eine erste Spitze des magnetischen Feldes ein. Bei einer Vorwachsgeschwindigkeit des Blitzkopfes von einem Drittel der Lichtgeschwindigkeit entspricht diese Frontdauer einer Länge der Blitzbahn von 1 km. Von zwei Beobachtern wurde unabhängig voneinander durch Winkelmessung eine Blitzlänge von 0,9 km festgestellt. Zeitliche Stromstärkeschwankungen mit einer Größenordnung von 1 kA/µs treten mehrmals während der ersten 200 µs der Blitzentladung auf. Später fließt der Strom regelmäßiger; dies läßt sich damit erklären, daß sich die für das Nachfließen des Stromes notwendige Ionisation des Blitzentladungskanals stabilisiert hat.

Die Wolkenladung hatte in dieser Blitzentladung negatives Vorzeichen. Die in den beiden Entladungen umgesetzten Elektrizitätsmengen sind sehr verschieden. In der langsameren wurde ein Wert von 5,9 C und in der kurzdauernden von 0,8 C berechnet.

Aus der durchgeführten Untersuchung kann man eine wichtige Schlußfolgerung ziehen. Ein sich im offenen Felde entwickelnder Blitz mit typischen Zündwirkungen ist besonders durch eine lange Entladungsdauer charakterisiert. In Vergleich mit in anderem Zusammenhang früher[3]) vom Verfasser untersuchten Blitzentladungen findet man hier eine Entladungsdauer, die fünf- bis zehnmal so groß ist wie bei Blitzschlägen in anderem Gelände mit einer gesamten Entladungsdauer von 1000 µs.

Die Beobachtungen sind unter besonders regelmäßigen Verhältnissen durchgeführt worden und zeigen, daß ein Blitz, der sich zwischen Wolke und dem ebenen Erdboden entwickelt, einen regelmäßigen Stromverlauf zeigt.

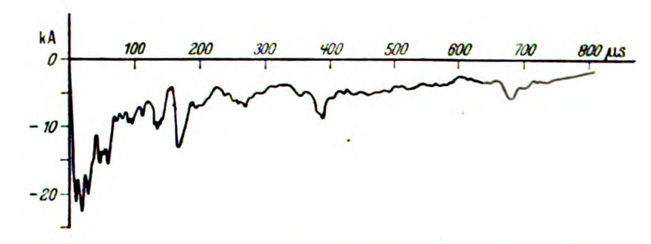
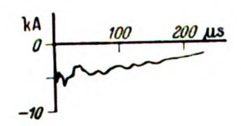


Bild 8. Berechneter zeitlicher Verlauf der Stromstärke des Blitzes in Bild 4.



Durch indirekte Verfahren hat man nach noch nicht veröffentlichten Untersuchungen im Laboratorium versucht, Blitzentladungen mit typischen Zündwirkungen nachzuahmen, und es zeigte sich, daß eine zündende Blitzentladung wahrscheinlich eine große Entladungsdauer besitzen muß. Man hat auch gefunden, daß für eine Zündung keine allzu große Stromstärke notwendig ist. Diese auf direktem Wege vorgenommenen Untersuchungen haben durch die hier beschriebene direkte Untersuchung eines Blitzes im Freien ihre Bestätigung erhalten.

Wie schon erwähnt, sind eingehende Kenntnisse des Verlaufes des Blitzstromes für die Ausbildung von Überspannungsschutzgeräten von grundlegender Bedeutung. Die Ausbreitung und Anwendung von Überspannungsschutzgeräten in elektrischen Kraftanlagen ist jetzt seit

[3]) Harald Norinder, CIGRE-Ber. 303, Paris 1939.

Jahren so allgemein geworden, daß man ein sicheres Urteil über die Betriebssicherheit abgeben kann. Von den eingebauten Überspannungsschutzeinrichtungen haben ungefähr ¼ % nach amerikanischen Feststellungen versagt. Jedoch zeigen Überlandanlagen, besonders in landwirtschaftlichen Gegenden, wo man im allgemeinen mit kleinen Umspanner-Einheiten und mit schlechten Erdungsverhältnissen rechnen muß, viel größere Versagerprozentsätze, nämlich etwa 3 bis 4 %. Man hat schon vermutet, daß dieses stärkere Versagen der Überspannungsableiter durch besondere Blitzentladungen erklärt werden könnte. Man hat angenommen, daß die Leitungsnetze von Blitzentladungen getroffen worden sind, die durch eine lange Entladungsdauer bei nicht allzu großen Stromstärken charakterisiert sind. Jedoch hat man in den bisher vorliegenden Blitzforschungsergebnissen für derartige Blitzentladungsformen nicht genügend Belege gefunden.

Man versucht, eine weitere Klarheit über die Blitzentladungsverhältnisse durch Messungen von Blitzentladungen an besonders hohen Gebäuden in einigen Großstädten in V. S. Amerika zu gewinnen. Jedoch bestehen Schwierigkeiten bei der Übertragung solcher Beobachtungsergebnisse auf die Verhältnisse auf dem flachen Land, wo tatsächlich die Mehrzahl der Hochspannungsleitungen verlegt ist; denn man muß selbst bei Wolkenkratzern innerhalb einer Großstadt mit Feldverhältnissen rechnen, die außerordentlich stark von den auf dem flachen Land vorhandenen abweichen. Deshalb ist es von allergrößter Bedeutung, die Blitzentladungen unter so ungestörten Verhältnissen wie möglich zu untersuchen, und in dieser Hinsicht sind unsere Messungsergebnisse ohne Einschränkung auswertbar. Für derartige Untersuchungen ist das Verfahren mit Kathodenstrahloszillographen und Rahmenantenne das bestgeeignete, und deshalb sind solche Untersuchungen in das zukünftige Arbeitsprogramm des Instituts bevorzugt aufgenommen worden.

Zusammenfassung

Untersuchungen an Blitzen verschieden langer Dauer haben den Einfluß dieser Größe auf die Wirkung des Blitzes ergeben. An zwei Fällen wird als Ursache für kalten und zündenden Blitzschlag die Dauer der Hauptentladung herausgestellt. Schließlich wird auf die Frage der Wirksamkeit an Überspannungsableitern kurz eingegangen.

Über eine neue Ersatzprüfschaltung für Hochleistungsschalter

DK 621.317.2 : 621.316.54

Die von M. Trautweiler angegebene Ersatzprüfschaltung[1]) verspricht auf den ersten Blick große Vorteile, da der Aufwand an Maschinenleistung auf einen kleinen Bruchteil des normalen Prüfgenerators zusammenschrumpft. Dadurch wird der Anschein erweckt, als sei der Gesamtaufwand für die neue Ersatzprüfschaltung bedeutend niedriger als bei einem normalen Prüffeld. Die Überlegungen über die technische und wirtschaftliche Bedeutung dieser Ersatzprüfschaltung werden aber leider nicht bis zu einem solchen Grade durchgeführt, daß man sich über den Nutzen ein klares Bild machen kann. Daher sollen diese Gedanken zu Ende geführt und auf das im Aufsatz zitierte Beispiel eines Prüffeldes für 500 MVA bei 100 kV angewandt werden, so daß ein Vergleich mit einem normalen Prüffeld möglich ist.

Zu dem Zweck führen wir folgende Verhältniszahlen ein, wobei die gleichen Bezeichnungen wie im Referat[1]) benutzt werden. Wir bezeichnen mit

$A = U_1/U_B$ das Verhältnis der Spannung im Resonanzkreis zum größten Wert der Lichtbogenspannung,

$B = U_n/U_B$ das Verhältnis der Schalternennspannung zu seiner Lichtbogenspannung. Daraus ergibt sich für die Resonanzspannung U_1, wenn ein Schalter von der Nennspannung U_n geprüft werden soll: $U_1 = U_n A/B$. Ferner wird die Resonanzüberhöhung des Stromes mit $\varrho = I_B/I_1$ bezeichnet (I_1 Generatorstrom), wobei ein Übersetzungsverhältnis des Transformators T_1 zu 1 angenommen wird, d. h. $u_1 = U_1$.

Durch die Verhältniswerte A, B und ϱ ist die Größe der einzelnen Maschinen und Geräte der Ersatzschaltung weitgehend festgelegt. Für diese Werte können nach den Angaben des Verfassers folgende Zahlen eingesetzt werden: A braucht nicht größer als 2 gemacht zu werden; B soll gleich 20 zu setzen sein, d. h. es wird erwartet, daß die Lichtbogenspannung des Schalters nur einen Wert von $^1/_{20}$ der Schalternennspannung erreicht. Dies trifft nur für einzelne Schalter zu, insbesondere für solche von 100 kV und darüber. Für die Resonanzüberhöhung soll ein Wert von $\varrho = 20$ erreichbar sein, wenn man die Verluste im Resonanzkreis niedrig hält.

Wir berechnen nun mit diesen Zahlenwerten zunächst die Leistung N_g des Prüfgenerators der Ersatzschaltung. Zum Erreichen einer Abschaltleistung $N_a = U_n I_a$ muß $u_1 = U_1 = U_n \cdot A/B$ und $I_B = I_a$ gemacht werden. Dann wird

$$N_g = u_1 I_1 = U_n \frac{A}{B} \frac{I_a}{\varrho} = N_a \frac{A}{B\varrho} = \frac{N_a}{200}.$$

Hiermit sei die erforderliche Generatorleistung N_h eines normalen Hochleistungsprüffeldes verglichen. Bei neuzeitlicher Konstruktion kann man als Abschaltleistung den 10- bis 15fachen Wert der Generator-Nennleistung erreichen. Das besagt also $N_h = \frac{N_a}{10 \cdots 15}$. Der Generator der Ersatzschaltung wird also 20- bis 13mal kleiner als der normale Prüfgenerator eines Hochleistungsprüffeldes.

Diesem einzigen Vorteil stehen erhebliche wirtschaftliche und technische Nachteile gegenüber. Allein die Kosten für die Kondensatorbatterie C_1 liegen so hoch, daß sie den genannten Vorteil bereits aufwiegen; denn die kapazitive Leistung dieses Kondensators N_c muß gleich dem Produkt $I_B U_1$ gemacht werden. Damit wird $N_c = N_a A/B$. Durch die Faktoren A und B ist also auch die Leistung der Kondensatorbatterie festgelegt. Mit den oben erwähnten Zahlenwerten $A = 2$, $B = 20$ ergibt sich $N_c = N_a/10$, d. h. die kapazitive Leistung des Kondensators der Ersatzprüfschaltung ist ungefähr die gleiche wie die Nennleistung eines normalen Prüfgenerators. Die Preise je kVA Kondensatorleistung liegen aber 50 bis 70 % höher als der Preis je kVA Generatorleistung. Man könnte zwar die Kondensatoren wegen der kurzen Belastungsdauer höher beanspruchen als bei Dauerbelastung; geht man mit der Spannung um 50 % höher, was noch zulässig erscheint, wenn sich keine weiteren Schaltüberspannungen überlagern, so geht der kVA-Preis auf 1/2,25 zurück. Der Kondensator würde dann etwa 70 % des Prüfgenerators für volle Leistung kosten. Vom Verfasser wird angegeben, man könne auch zur Herabsetzung der Kosten Elektrolytkondensatoren verwenden; dies ist jedoch nicht möglich, da diese Kondensatoren nicht mit Wechselspannung beansprucht werden dürfen. Wahrscheinlich haben sie auch für den Resonanzkreis zu hohe Verluste, um eine Resonanzüberhöhung von dem erforderlichen Maß $\varrho = 20$ zu erreichen.

Auch der übrige Aufwand für die Ersatzschaltung ist keineswegs kleiner als für ein normales Prüffeld. An Stelle des einen Transformators von etwa der gleichen Leistung des Prüfgenerators (die vom Verfasser in seinem Beispiel für 500 MVA Abschaltleistung gemachte Angabe einer Nennleistung von 400 MVA erscheint zu hoch) werden für die Ersatzschaltung zwei bzw. drei Transformato-

[1]) M. Trautweiler, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 349; 8½ S., 20 B. S. a. den Bericht „Eine neue Ersatzprüfschaltung für Hochleistungsschalter“ in diesem Heft S. 627.

ren gebraucht: 1. ein eisenloser Transformator T_1, der bei vollem Resonanzstrom sehr geringe Verluste haben muß, um die erforderliche Resonanzüberhöhung zuzulassen; er muß außerdem für die volle Spannung U_n des Schalters isoliert sein, da er ja beim Spannungsstoß parallel zum Schalter liegt und dessen ganze wiederkehrende Spannung aushalten muß; 2. ein Hochspannungstransformator T_3 zum Erzeugen der wiederkehrenden Spannung; dessen Leistung ist mit 10 kVA für das Zahlenbeispiel sicher zu niedrig angegeben, denn für den Spannungsanstieg ist nicht nur der Vorwiderstand R_2 und die Kapazität C_2 maßgebend, sondern auch die parallel zu C_2 und dem Prüfling liegende Induktivität des Transformators T_1; 3. ein Regeltransformator zu 2., um seine Spannung unabhängig vom Generator einstellen zu können. Dieser Aufwand ist sicher ebenso hoch einzusetzen wie der für einen einzigen Leistungstransformator.

Von den Bedenken technischer Art sei nur folgende Frage untersucht: Wie weit wird der Resonanzstrom durch die Lichtbogenspannung reduziert? Vom Verfasser selbst wird als eine der wichtigsten Forderungen hingestellt, daß der Lichtbogenstrom während der Lichtbogenbrennperiode sinusförmig bleiben muß und nicht zu früh Null wird. Wir müssen diese Forderung dahin ergänzen, daß auch der Scheitelwert des Stromes durch die Lichtbogenspannung nicht herabgesetzt werden darf, zum mindesten nicht mehr, als dies im wirklichen Betrieb der Fall ist. Für Schalter, deren Lichtbogenspannung nur $^1/_{20}$ der Nennspannung beträgt, wird sowohl im praktischen Betrieb als auch im Hochleistungsprüffeld der Scheitelwert des Stromes während der Lichtbogenbrennperiode praktisch nicht geändert. Ist dies bei der Ersatzprüfschaltung auch der Fall? Wir können die Lichtbogenspannung als Rechteckkurve auffassen, die nach einer Rückzündung momentan in ihrer vollen Höhe einsetzt und im Resonanzkreis der Ausbildung des Resonanzstromes entgegenwirkt. Eine einfache Rechnung zeigt, daß der Strom

$$\overline{I}_B = \omega\, C_1\, (\overline{U}_1 - U_B)$$

ist. Dabei ist $\overline{U}_1$ der Scheitelwert von U_1. Für $\overline{U}_1 = A\sqrt{2}\, U_B$ wird

$$\overline{I}_B = \omega\, C_1\, \overline{U}_1 \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}\, A}\right).$$

Bei $A = 2$ wird der Klammerausdruck 0,65, d. h. also, der Resonanzstrom wird durch die Lichtbogenspannung $U_B = \frac{1}{2} \cdot U_1$ auf 65 % reduziert. Dadurch wird natürlich auch die im Lichtbogen umgesetzte Arbeit verkleinert, d. h. der Schalter wird erheblich niedriger beansprucht als in einem Hochleistungsprüffeld oder in der Praxis.

Auch eine energetische Betrachtung zeigt schnell die Schwäche der Resonanzanordnung. Die beim Stromnulldurchgang im Kondensator aufgespeicherte Energie beträgt

$$A_c = \frac{1}{2}\, \overline{u}^2\, C\,.$$

Setzt man

$$C = \frac{\overline{i}}{\omega\, \overline{u}}\,,$$

so wird

$$A_c = \frac{1}{2}\, \frac{\overline{u}\, \overline{i}}{\omega}\,.$$

Die während einer Halbwelle im Lichtbogen freiwerdende Schaltarbeit beträgt dagegen

$$A_B = \frac{U_B\, \overline{I}_B}{\omega}\,.$$

Ist, mit obigen Zahlenwerten gerechnet, $u_B = \frac{1}{2\sqrt{2}}\, \overline{u}$ und $\overline{I}_B = 0{,}65\, \overline{i}$, so wird

$$A_B = 0{,}46\, \frac{1}{2}\, \frac{\overline{u}\, \overline{i}}{\omega} = 0{,}46\, A_c\,,$$

d. h. rund die Hälfte der Resonanzenergie wird bereits in einer einzigen Halbwelle verbraucht, wenn die Lichtbogenspannung in die erwähnte Größe kommt. Also steht nicht mehr genug Energie zum Aufrechterhalten des Lichtbogens über eine Halbwelle hinaus zur Verfügung.

Zusammenfassend müssen wir also feststellen:

1. Wirtschaftlich wird der Vorteil der Ersatzschaltung, nur einen kleinen Generator zu benötigen, völlig durch die Kosten für die erforderlichen Kondensatoren aufgehoben.
2. Die Ersatzschaltung ist in ihrer Anwendung wesentlich komplizierter (z. B. µs-Auslöser) und beschränkt sich auf Schalter mit kleiner Lichtbogenspannung $\left(u_B < \frac{U_n}{20}\right)$.
3. Bei der vorgesehenen Höhe der Spannung im Resonanzkreis $U_1 = 2\, u_B$ wird der Lichtbogenstrom bereits erheblich verkleinert. Die gespeicherte Energie reicht ebenfalls nicht zum Decken der Lichtbogenarbeit. Ein Vergrößern der Resonanzspannung bedeutet eine proportionale Vergrößerung des Generators und des Kondensators C_1, ist also wirtschaftlich nicht tragbar.
4. Der Verlauf der künstlich erzeugten Einschwingspannung ist stark verschieden vom natürlichen Spannungsverlauf. Durch das Parallelschalten des Resonanztransformators zu dem Kondensator C_2 des Stoßkreises wird der Spannungsverlauf erheblich gestört. Wie diese Schwierigkeit überwunden werden kann, wird nicht gezeigt.

Bei derartig ungünstigen Verhältnissen fragt man sich, wieso die angestellten Versuche positiv verlaufen konnten. Dabei zeigt sich, daß die Versuche mit einer Schaltleistung von 400 kVA bei Strömen von 200 A und einem Scheitelwert der wiederkehrenden Spannung von 2800 V ausgeführt wurden. (Daraus eine Abschaltleistung von 560 kVA zu errechnen, ist unzulässig, denn die Abschaltleistung ist das Produkt von Strom und Effektivwert der wiederkehrenden Spannung.) Die hierzu benötigte einpolige Leistung des Generators beträgt 2,3 kW. Selbst bei diesen kleinen Leistungen, von denen man nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse bei der tausendfachen Leistung schließen dürfte, ist in den wiedergegebenen Oszillogrammen nicht der volle Verlauf der wiederkehrenden Spannung dargestellt, auf die es gerade bei Kunstschaltungen besonders ankommt.

Die neue Ersatzprüfschaltung dürfte daher kaum für eine einwandfreie Prüfung von Hochleistungsschaltern geeignet sein und auch keinen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber einem normalen Prüffeld bieten. Auch die geschilderten Versuche in kleinem Umfang vermögen nicht von der Brauchbarkeit der Prüfschaltung zu überzeugen.

W. Kaufmann VDE, Berlin

Die Belastung des Drehstromnetzes beim Steuerumrichter

DK 621.314.5

Im Gegensatz zum umlaufenden Umformer verhält sich der Umrichter bei der Kupplung von 50periodigen Drehstromnetzen mit Einphasennetzen von $16^2/_3$ Hz wie ein Schalter. Die Leistungsschwankungen von $33^1/_3$ Hz des Einphasennetzes gehen in das Drehstromnetz ein. Sind in der Umrichterschaltung keine Energiespeicher angeordnet, so werden die drei Ströme des Drehstromnetzes verzerrt und weisen Oberwellen der Einphasenfrequenz auf. In der Arbeit[1]) werden die Stromformen des Drehstromtransformators bei primärer Dreieckschaltung und die Netzströme betrachtet. Um mathematisch verhältnismäßig einfache Ausdrücke zu bekommen, wird die Belastung des Einphasennetzes kapazitiv oder induktiv mit $\cos\varphi = 0$ angenommen. Die Gesetzmäßigkeit der Oberwellenamplituden und gewisser Ausfallerscheinungen wird an Tafeln und Darstellungen veranschaulicht. Durch die Transformatorstreuung tritt ein Verschleifen der Stromkurven auf, das ein Herabsetzen der höheren Harmonischen verursacht; dieses zeigt ein im Betrieb aufgenommenes Oszillogramm. Aus den abgeleiteten Effektivwerten der Transformatorströme wird auf die Typenleistung des Transformators hingewiesen. *Sb.*

[1]) O. Schiele, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 19 (1940) H. 3, S. 71; 17 S., 12 B.

Zur Normung der Langstabisolatoren

Von **P. Jacottet** VDE, Berlin

DK 621.315.624.5

Übersicht. Die für die Aufstellung des Normblattes DIN 48012 „Langstabisolatoren L" maßgebenden Gesichtspunkte werden erläutert, wobei insbesondere auf die Zuordnung der einzelnen Isolatorgrößen zu den verschiedenen Nennspannungen der Freileitungen eingegangen wird.

Seit einigen Jahren sind in Hochspannungs-Freileitungsnetzen neuartige aus nur einem keramischen Isolierkörper mit zwei Tempergußkappen und Lichtbogen-Schutzarmaturen an den Enden bestehende Langstabisolatoren eingebaut worden. Die Vorläufer der Langstabisolatoren sind die seit vielen Jahren mit bestem Erfolg für die Fahrleitungen elektrischer Bahnen verwendeten Stabisolatoren der Deutschen Reichsbahn, bei denen allerdings wegen ihrer kleineren Baulänge und etwaiger Erdschlüsse durch Vögel keine Lichtbogen-Schutzarmaturen benötigt werden. Die günstigen mit den Langstabisolatoren gemachten Betriebserfahrungen ließen es als gerechtfertigt erscheinen, ihre Abmessungen und Typen in einem Normblatt zu vereinheitlichen. Dies erwies sich auch deshalb als zweckmäßig, um einerseits die von den Herstellerfirmen ursprünglich vorgesehene große Typenzahl im Sinne der Leistungssteigerung der industriellen Fertigung auf ein Mindestmaß zu begrenzen und andererseits für die Weiterentwicklung und Einführung dieser neuen Isolatoren bestimmte Richtlinien zu geben, die den heutigen Stand der Erkenntnisse auf dem Gebiet der Freileitungsisolation berücksichtigen. Auf Seite 626 dieses Heftes ist der Entwurf zu dem entsprechenden Normblatt DIN 48012 „Langstabisolatoren L" veröffentlicht. Nachstehend sollen die wichtigsten Gesichtspunkte erläutert werden, die zu dem Entwurf dieses Normblattes geführt haben.

Zur Verwendung für die Nennspannungen 30 bis 110 kV wurden 8 in ihrem konstruktiven Aufbau völlig gleichartige Isolatortypen genormt (Strunkdurchmesser 75 mm, Schirmdurchmesser 150 mm, Schirmabstand 75 mm), die sich lediglich durch die Baulänge bzw. Anzahl der Schirme voneinander unterscheiden. Die einzelnen Isolatorgrößen werden durch ihre Schirmzahl gekennzeichnet (z. B. Langstabisolator mit 8 Schirmen: L 8). Für die Nennspannung 110 kV sind außer den drei normalen Typen L 13, L 14 und L 15 noch drei verstärkte aber elektrisch gleichwertige Typen L 13 v, L 14 v und L 15 v mit 85 mm Strunkdurchmesser und 170 mm Schirmdurchmesser genormt worden. Die Langstabisolatoren sind in mechanischer Hinsicht (Jahresdauerlast, Bruchlast, Stückprüflast) den genormten Vollkernisolatoren mit gekitteter Kappenbefestigung, und zwar VK 4 k mit 75 mm Strunkdurchmesser bzw. VK 5 k mit 85 mm Strunkdurchmesser nach DIN 48009 völlig gleichwertig. Daher gelten auch für die mechanische Zuordnung der Langstabisolatoren (in Abspannlage) nach DIN 48012 zu den Leitungsquerschnitten[1]) genau die gleichen Gesichtspunkte wie für Vollkernisolatoren VK 4 bzw. VK 5 nach DIN 48009.

Für die Festlegung der verschiedenen Isolatorgrößen war die Verwendbarkeit der einzelnen Typen für die verschiedenen Nennspannungen der Freileitungen maßgebend. Hierbei wurden die genormten Nennspannungen 30, 45, 60 und 110 kV sowie die nicht genormten, aber gebräuchlichen Nennspannungen 35 und 50 kV berücksichtigt. Zugrunde gelegt wurden dabei ferner die nach §§ 11 und 14 von VDE 0111/1932 „Leitsätze für den elektrischen Sicherheitsgrad von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber" für Freileitungsisolatoren geforderten Mindestwerte der Regenüberschlagspannung $U_{\ddot{u}m}$ abhängig von der Nennspannung U_n[2]), und zwar sowohl nach der strengen Formel

$$U_{\ddot{u}m} = 1{,}1\ (2{,}2\ U_n + 20)\ \text{kV} \qquad (1)$$

wie zum Teil auch nach der milden Formel

$$U_{\ddot{u}m} = 1{,}1\ (2\ U_n + 10)\ \text{kV}. \qquad (2)$$

Weiterhin mußte auf die nach §§ 32 b) 4., 33 c) 2. und 35 d) 3. von VDE 0210/XII. 40 „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen" für Kreuzungen, insbesondere Bahn- und Wasserstraßen-Kreuzungen, vorgesehene „erhöhte Sicherheit" Rücksicht genommen werden, wonach die Regenüberschlagspannung $U'_{\ddot{u}}$ der Kettenisolatoren im Kreuzungsfeld mindestens

$$U'_{\ddot{u}} = 1{,}2\ U_{\ddot{u}} \text{ bei Nennspannungen } U_n \leq 60\ \text{kV} \qquad (3a)$$

$$\text{und } U'_{\ddot{u}} = 1{,}1\ U_{\ddot{u}} \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad U_n > 60\ \text{kV} \qquad (3b)$$

betragen muß. Dabei ist $U_{\ddot{u}}$ der niedrigste Wert der tatsächlichen (gewährleisteten) Regenüberschlagspannung (nicht aber der verlangte VDE-Mindestwert $U_{\ddot{u}m}$) der Isolatoren der anschließenden Leitungsstrecken.

Zunächst wurde versucht, eine weitere Typenbeschränkung durch Vereinfachung der jetzigen Bedingungen nach VDE 0111 und VDE 0210 zu erreichen. Dabei wurde u. a. in Erwägung gezogen, die Regenüberschlagspannung als Bezugsgröße für die Zuordnung der Isolatoren zu den Nennspannungen überhaupt fallen zu lassen und für die Isolationsbemessung neuere Gesichtspunkte zugrunde zu legen. Hierbei wurde angeregt, dem Überschlagsverhalten der Isolatoren bei inneren Überspannungen[3]), hervorgerufen durch Schaltvorgänge, aussetzende Erdschlüsse, also bei mittelfrequenten gedämpften Einschwingvorgängen auch unter Berücksichtigung von Nebel und Verschmutzung mehr als bisher Beachtung zu schenken. Nach eingehenden Überlegungen und vielfachen Umfragen in Erzeuger- und Verbraucherkreisen erschien es im Augenblick aber als verfrüht, diese neuartigen Bewertungsgrundlagen schon jetzt in den Freileitungs-Vorschriften aufzunehmen, ehe nicht das Ergebnis ausreichender auf diesem Gebiete in Aussicht genommener Versuche vorläge. Daher soll auch an den in VDE 0111 und 0210 enthaltenen elektrischen Anforderungen (insbesondere der wahlweisen Zulassung der milden und strengen Formel für die Regenüberschlagspannung sowie der Bestimmung über die Verstärkung der Isolation an Stellen erhöhter Sicherheit) zunächst nichts geändert werden, so daß eine weitere Verringerung der jetzt im Normblatt DIN 48012 vorgesehenen Typenzahl der Langstabisolatoren zur Zeit nicht möglich ist.

Im folgenden soll nun erläutert werden, wie die einzelnen Isolatortypen nach DIN 48012 für die verschiedenen Nennspannungen der Freileitungen auszuwählen sind. Zunächst lag es nahe, für jeden Isolator einen zu seiner Schlagweite zwischen den Lichtbogen-Schutzarmaturen gehörenden, zu gewährleistenden Mindestwert der Regenüberschlagspannung sowie nach neueren Anschauungen auch der 50 %-Überschlag-Stoßspannung (+ 1|50 µs) im Normblatt festzulegen und auf Grund dieser Werte die einzelnen Isolatoren den betreffenden Nennspannungen zuzuordnen.

---

[1]) Vgl. W. Weicker, „Auswirkung der neuen VDE-Bestimmungen über Freileitungs-Kettenisolatoren in Abspannlage", ETZ 61 (1940) S. 716 und „Die Zuordnung von Kettenisolatoren zu den Seilquerschnitten nach den neuesten VDE-Bestimmungen", Elektrizitätswirtsch. 39 (1940) S. 314.

[2]) Die Nennspannung U_n der Freileitung entspricht dem zeitlichen und örtlichen Mittelwert der Spannung an den Klemmen des Stromverbrauchers.

[3]) Vgl. W. Estorff, Neue Wege in der Auswahl der Isolation auf Grund der Beanspruchung im Betrieb. ETZ 62 (1941 S. 365 und 391.

Hierauf mußte aber aus folgenden Gründen verzichtet werden:

Die Regenüberschlagspannung ist bei gegebener Lichtbogen-Schutzarmatur von deren Ausbildung, Anordnung und damit auch von ihrer Schlagweite abhängig. Da jedoch die Ausbildung der Lichtbogen-Armaturen hinsichtlich ihrer besten Schutzwirkung noch nicht abgeschlossen ist[4]), war es zur Zeit weder möglich, eine bestimmte Armatur, noch Schlagweiten sowie damit bestimmte Mindestwerte der Regenüberschlagspannungen und 50 %-Überschlag-Stoßspannungen für die einzelnen Isolatoren im Normblatt festzulegen. Als notwendiger Schutz des Isolatorstrunkes gegen Lichtbogenbeschädigungen wird lediglich die Anwendung beiderseitiger Lichtbogen-Armaturen gefordert, ohne jedoch Angaben über ihre Ausbildung zu machen. Im VDE-Ausschuß für Freileitungen steht zur Zeit zur Erörterung, ob auch für andere Freileitungs-Isolatoren, insbesondere Vollkern-Isolatoren, die Anordnung von Lichtbogen-Armaturen, gegebenenfalls von einer bestimmten Gliedzahl ab, allgemein vorgeschrieben werden soll. Sobald eine derartige Bestimmung in VDE 0210 festgelegt wird, könnte auf den Hinweis im Normblatt DIN 48012 später verzichtet werden.

Für die Regenüberschlagspannungen hat man sich aus den vorhergehenden Erwägungen im Normblatt nur mit einem Hinweis auf die bekannten oben erwähnten Mindestforderungen begnügt. Dagegen erschien es zweckmäßig, in Tafel II von DIN 48012 den einzelnen Nennspannungen der Freileitungen bestimmte (8 % unter dem Meßmittelwert liegende) untere Grenzwerte der 50 %-Überschlag-Stoßspannung[5]) (+ 1|50 µs) zuzuordnen, und zwar aus folgendem Grunde:

Wegen des Fortfalles der eisernen Zwischenarmaturen hat der Langstabisolator eine höhere Regenüberschlagspannung als eine aus Kappen- oder Vollkernisolatoren bestehende Kette gleicher Baulänge bzw. gleicher Schlagweite zwischen etwa vorgesehenen Lichtbogen-Schutzarmaturen. Oder mit anderen Worten: zur Erzielung der gleichen Regenüberschlagspannung genügt bei Langstabisolatoren eine geringere Baulänge bzw. Schlagweite als bei Kappen- oder Vollkern-Isolatorenketten. Würde man nun bei Langstabisolatoren wie bisher bei Kappen- und Vollkernisolatoren die Regenüberschlagspannung allein als maßgebend für die Zuordnung der Isolatoren zu den einzelnen Nennspannungen zugrunde legen, so würden namentlich für höhere Nennspannungen (besonders bei Anwendung der milden Formel) die Langstabisolatoren wegen zu geringer Baulänge und Schlagweite in ihrer Überschlag-Stoßspannung tiefer liegen als Kappen- und Vollkernketten und damit stärker zu rückwärtigen Überschlägen neigen. Daher sind die Mindestwerte der 50 %-Überschlag-Stoßspannungen nach Tafel II des Normblattes DIN 48012 so festgelegt worden, daß sie im allgemeinen nicht wesentlich unter den Werten von ausgeführten Freileitungen bei Verwendung von Kappen- und Vollkernketten mit beiderseitigen Lichtbogen-Schutzarmaturen liegen.

Im Sinne einer Vereinfachung der VDE-Bestimmungen wurde davon abgesehen, auch für die 50 %-Überschlag-Stoßspannung abhängig von der Nennspannung der Freileitung im Normblatt v i e r Mindestwerte (entsprechend der milden und strengen Formel für die Regenüberschlagspannung sowie jeweils unter Berücksichtigung erhöhter Sicherheit) festzulegen, vielmehr wurde für jede Nennspannung lediglich e i n Mindestwert gefordert. Abb. 1 zeigt die für Langstabisolatoren vorgesehenen Mindest-

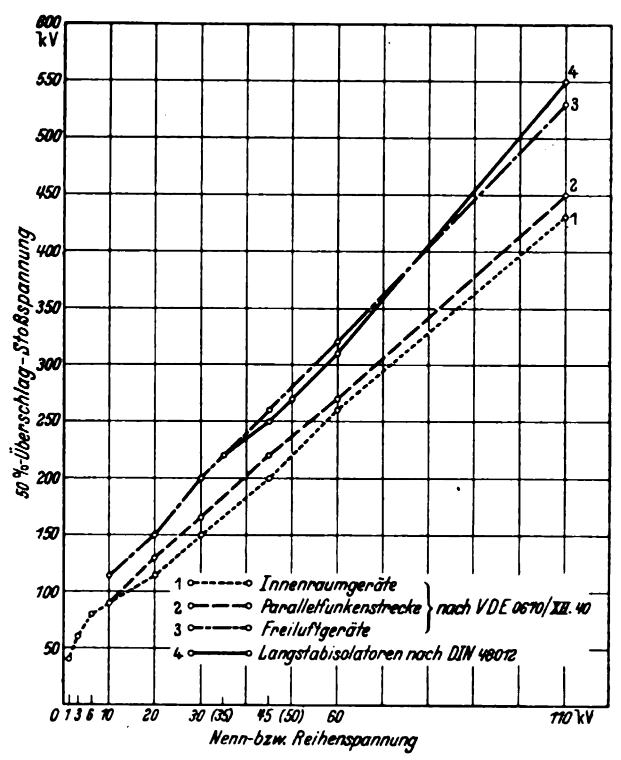


Abb. 1. Geforderte untere Grenzwerte der 50%-Überschlag-Stoßspannung (+ 1|50 µs) für Langstabisolatoren und für Hochspannungsgeräte.

werte der 50 %-Überschlag-Stoßspannung im Vergleich zu den nach VDE 0670/XII. 40 „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte" für Innenraum- und Freiluftgeräte mit und ohne Parallelfunkenstrecke festgelegten Mindestwerten.

Für später ist beabsichtigt, in den Freileitungs-Vorschriften VDE 0210 ganz allgemein für a l l e Isolatoren bestimmte Mindestwerte für die 50 %-Überschlag-Stoßspannung zu fordern. Sobald dies durchgeführt ist, können die Angaben der Tafel II in DIN 48012 für Langstabisolatoren gestrichen werden.

Auf Grund der verschiedenen elektrischen Mindestanforderungen des Normblattes DIN 48012 und der von den Langstabisolatoren tatsächlich erreichten und von der Porzellanindustrie gewährleisteten Werte für die Regenüberschlagspannung und 50 %-Überschlag-Stoßspannung kann die Auswahl der Isolatorgrößen für die einzelnen Nennspannungen leicht vorgenommen werden.

Als Beispiel sei nachstehend die Zuordnung von Langstabisolatoren mit Hornkreuzarmaturen (und den diesen ähnlichen Ringhornarmaturen) erläutert. Hierfür sind in Tafel 1 die zu den einzelnen Isolatorgrößen gehörigen Schlagweiten, die gewährleisteten Mindestwerte der Regenüberschlagspannung und der 50 %-Überschlag-Stoßspannung sowie schließlich die je nach den verschiedenen Anforderungen höchstzulässigen Nennspannungen der Freileitungen angegeben. Tafel 2 zeigt ebenfalls für Langstabisolatoren mit Hornkreuzarmaturen abhängig von der Nennspannung die verlangten und die tatsächlich erreichten Mindest-Überschlagwerte bei Regen und bei Stoß sowie die danach für die einzelnen Nennspannungen erforderlichen Isolatorgrößen.

Tafel 1 und 2 lassen erkennen, daß bei der jetzt vorgesehenen Normung von Langstabisolatoren in den meisten Fällen nur von der strengen Formel für die Regenüberschlagspannung Gebrauch gemacht wird. Nur bei den Nennspannungen 50 und 60 kV läßt die jetzt vorgenommene Abstufung der Isolatorgrößen auch eine Isolation nach der milden Formel zu.

Für die Nennspannung 110 kV sind bei der strengen Formel zwei verschiedene Isolatortypen mit 13 und

---

[4]) Vgl. z. B. F. Obenaus, „Grundlegende elektrische und mechanische Versuche an Langstabisolatoren aus Porzellan", Hescho-Mitt. H. 78, 79 (1938). H. Ziegler, „Neue Erkenntnisse über den Lichtbogenschutz von Freileitungsisolatoren", ETZ 62 (1941) S. 325 und 345 und P. Hochhäusler, „Die Wirkung von Schutzarmaturen an Langstabisolatoren", ETZ 61 (1940) S. 891, ferner ETZ 62 (1941) S. 106 sowie A. Roggendorf, „Schutzarmaturen für Hochspannungsisolatoren" (erscheint demnächst in der ETZ).

[5]) Vgl. VDE 0450/XI. 39 „Leitsätze für die Erzeugung und Verwendung von Stoßspannungen für Prüfzwecke".

Tafel 1. Langstabisolatoren mit Hornkreuzarmaturen.
Gewährleistete Mindestwerte der Regenüberschlagspannung und der 50%-Überschlag-Stoßspannung, Zuordnung der Nennspannungen zu den Isolatoren.

1	2	3	4	5	6	7	8
Langstabisolator Bezeichnung	Schlagweite in mm	Gewährleistete Mindestwerte in kV		Höchstzulässige Nennspannung in kV bei Isolation nach			
		Regenüberschlag-spannung	50%-Überschlag-Stoßspannung[1])	milder Formel	strenger Formel	milder Formel zuzüglich erhöhter Sicherheit[2])	strenger Formel zuzüglich erhöhter Sicherheit[2])
L 5	350	110	232	—	30, (35)	—	—
L 6	425	132	274	(50)	45	—	30, (35)
L 7	500	158	315	60	(50)	(50)	45
L 8	575	180	352	—	60	—	—
L 10	725	225	435	—	—	60	(50), 60
L 13, L 13 v	950	295	555	—	110	—	—
L 14, L 14 v	1025	315	600	—	110	—	—
L 15, L 15 v	1100	346	640	—	—	—	110

[1]) Unterer Grenzwert, 8% unterhalb des für die Schlagweite nach Spalte 2 aus der Eichkurve positive Spitze—geerdete Spitze entnommenen Mitte wertes für genormte VDE-Stoßspannung 1|50 (vgl. P. Jacottet und W. Weicker, ETZ 61 (1940) S. 565).
[2]) Nach VDE 0210/XII. 40, § 33c) 2.

Tafel 2. Langstabisolatoren mit Hornkreuzarmaturen.
Verlangte und gewährleistete Mindestwerte der Regenüberschlagspannung und der 50%-Überschlag-Stoßspannung, Zuordnung der Isolatoren zu den Nennspannungen.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Nennspannung	Regenüberschlagspannung												50%-Überschlag-Stoßspannung[1])								
	milde Formel			strenge Formel			milde Formel + eS[2])			strenge Formel + eS[2])			DIN 48012	milde Formel		strenge Formel		milde Formel + eS[2])		strenge Formel + eS[2])	
U_n kV	$U_{\ddot{u}v}$ kV	$U_{\ddot{u}g}$ kV	L	$U_{\ddot{u}v}$ kV	$U_{\ddot{u}g}$ kV	L	$U_{\ddot{u}v}$ kV	$U_{\ddot{u}g}$ kV	L	$U_{\ddot{u}v}$ kV	$U_{\ddot{u}g}$ kV	L	$U_{\ddot{u}v}$ kV	$U_{\ddot{u}g}$ kV	L	$U_{\ddot{u}g}$ kV	L	$U_{\ddot{u}g}$ kV	L	$U_{\ddot{u}g}$ kV	L
30	77	—	—	95	110	L 5	—	—		132	132	L 6	200	—	—	232	L 5	—	—	274	L 6
(35)	88	—	—	107	110	L 5	—	—		132	132	L 6	220	—	—	232	L 5	—	—	274	L 6
45	110	110[3])	L 5[3])	131	132	L 6	132	132[4])	L 6[4])	158	158	L 7	250	—	—	274	L 6	—	—	315	L 7
(50)	121	132	L 6	143	158	L 7	158	158	L 7	190	225	L 10	270	274	*L* 6	315	L 7	315	L 7	435	L 10
60	143	158	L 7	167	180	L 8	190	225	L 10	216	225	L 10	310	315	*L* 7	352	L 8	435	L 10	435	L 10
110	253	—	—	288	295 315	L13, L13v L14, L14v	—	—	—	325 346	346	L15, L15v	550	—	—	555 600	L13, L13v L14, L14v	—	—	640	L15, L15v

$U_{\ddot{u}v}$ = verlangter Mindestwert, $U_{\ddot{u}g}$ = gewährleisteter Mindestwert; L = zugehöriger Langstabisolator
[1]) Unterer Grenzwert für genormte Stoßspannung 1|50 und positive Leitungsarmatur.
[2]) eS = erhöhte Sicherheit nach VDE 0210/XII. 40, § 33c) 2.
[3]) Nicht zulässig wegen des nach Spalte 14 verlangten Stoßwertes von 250 kV, während der Isolator L 5 nach Tafel I, Spalte 4, nur 232 kV aufweist.
[4]) Nicht zulässig, weil nach Fußnote[3]) der Isolator L 6 für die Nennspannung 45 kV bereits auf Strecken normaler Sicherheit erforderlich ist.

14 Schirmen wahlweise vorgesehen. Die Verwendung des Isolators L 14 empfiehlt sich, wenn eine besonders gute Isolation und eine dementsprechend hohe Überschlag-Stoßspannung erwünscht ist. Der Isolator L 15 erfüllt die Anforderungen hinsichtlich der erhöhten elektrischen Sicherheit im Kreuzungsfeld, wenn auf den anschließenden Strecken Isolatoren von der Größe L 13 oder L 14 eingebaut sind.

Von der Festlegung eines Isolators mit 12 Schirmen für 110 kV, der die Regenüberschlagspannung auch nach der milden Formel erfüllt hätte, wurde abgesehen mit Rücksicht auf den bei diesem Isolator wegen seiner kleineren Schlagweite ziemlich niedrigen Stoßwert und wegen der Befürchtung, daß sich dieser Isolator bei Nebel und Verschmutzung wegen zu kurzer Baulänge ungünstiger verhalten könnte als Kappen- und Vollkernketten.

In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt, daß die vorgesehene Normung sich lediglich auf Isolatoren bezieht, die für Gegenden mit geringer Verschmutzungsgefahr bestimmt sind. Für Gebiete mit starken Schmutzniederschlägen in Verbindung mit Nebel ist später eine zusätzliche Normung von Nebel-Langstabisolatoren mit einer größeren Zahl enger angeordneter Schirme oder mit besonders ausgebildeten Schirmformen beabsichtigt.

Werden Langstabisolatoren mit Lichtbogen-Schutzarmaturen verwendet, die aus besonderen Gründen eine kleinere Schlagweite[6]) haben als die vorerwähnten Hornkreuzarmaturen, so ist hierfür eine von den Tafeln 1 und 2 etwas abweichende Zuordnung der einzelnen Isolatorgrößen zu den verschiedenen Nennspannungen erforderlich. Dies ist dadurch begründet, daß die Höhe der Regenüberschlagspannung, die für die Auswahl der Isolatoren für eine bestimmte Nennspannung im wesentlichen maßgebend ist, von der Ausbildung und Anordnung der Lichtbogen-Schutzarmatur und damit von der Schlagweite zwischen der oberen und der unteren Lichtbogenarmatur abhängig ist.

In den vorausgehenden Ausführungen ist über die Auswirkung des Normblattes DIN 48012 besonders hinsichtlich der Auswahl der Isolatoren für die einzelnen Nennspannungen berichtet worden. Es wird der Hoffnung Ausdruck gegeben, daß durch die jetzt durchgeführte Normung der Langstabisolatoren der weiteren Verbreitung dieser aussichtsreichen Bauform von Freileitungs-Isolatoren gedient ist, zumal auch die in sicherheitstechnischer Hinsicht zu stellenden Anforderungen bei der Normung weitgehend berücksichtigt wurden.

[6]) Wie dies beispielsweise bei konischen Ringarmaturen der Fall ist, vgl. P. Hochhäusler, ETZ 61 (1940) S. 891 und ETZ 62 (1941) S. 226.

DK 621.315.624.5(083.133) Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr Juli 1941

Starkstrom-Freileitungen

Langstabisolatoren L

für gekittete Kappenbefestigung

Einspruchsfrist: 10. August 1941

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 48012

Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich.

Freiliegende Flächen des keramischen Teiles bis auf etwaige Brennflächen glasiert, Farbe braun.

Zu einem vollständigen Langstabisolator gehören:

1 Isolierkörper
2 Kappen
1 Doppelklöppel
2 Sicherungssplinte

Bezeichnung eines Langstabisolators mit 14 Schirmen und 75 mm Strunkdurchmesser:

Langstabisolator L 14 DIN 48012

Tafel I. Hauptabmessungen und mechanische Prüflasten.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
VDE-Kurzzeichen	Schirmzahl	Baulänge B	Keramischer Teil					Klöppelbolzen und Klöppelpfannen passend für Dmr. d von Nennmaß	Dauerlast[1]) t	Bruchlast t	Stück-Prüflast[2]) t	
			Höhe H	Schirmdurchmesser D_1	Strunkdurchmesser D_2	a	b		1 Jahr	mindestens	während der 1. min[3])	der 2. u. 3. min
L 5	5	595	510									
L 6	6	670	585									
L 7	7	745	660									
L 8	8	820	735	150	75	90	120	16	3,6	6,2	5,0	4,3
L 10	10	970	885									
L 13	13	1195	1110									
L 14	14	1270	1185									
L 15	15	1345	1260									
L 13 v	13	1230	1130									
L 14 v	14	1305	1205	170	85	100	130	20	4,5	8,0	6,8	5,6
L 15 v	15	1380	1280									

Die unteren Grenzwerte der 50%-Überschlag-Stoßspannung (+1|50) der mit Lichtbogen-Schutzarmaturen versehenen Langstabisolatoren müssen mindestens den Werten nach Tafel II, Spalte 2, entsprechen.

Tafel II. Elektrische Werte[4]).

1	2
Nennspannung U_n der Freileitung[5]) kV	Unterer Grenzwert der 50%-Überschlag-Stoßspannung[6]) kV
30	200
(35)	220
45	250
(50)	270
60	310
110	550

[1]) Die Dauerlast (Prüfung an Stichproben) ist vom Hersteller zu gewährleisten und dient zur Kennzeichnung der Zuordnung des Isolators zu einem bestimmten Leitungsquerschnitt nach VDE 0210 „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen".

[2]) Diese Prüfung ist als Stückprüfung mit jedem Isolator vorzunehmen. Bei dieser mechanischen Vorprüfung dürfen sich Form und Sitz der Kappen nicht ändern.

[3]) Nach der 1-Minuten-Prüfung ist der Isolator vollständig zu entlasten.

[4]) Die Mindestwerte der Regenüberschlagspannungen müssen §§ 11 und 14 von VDE 0111/1932 „Leitsätze für den elektrischen Sicherheitsgrad mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber" entsprechen.

[5]) Die nicht eingeklammerten Werte bedeuten genormte Nennspannungen, die eingeklammerten Werte nicht genormte, aber gebräuchliche Nennspannungen.

[6]) Nach VDE 0450 „Leitsätze für die Erzeugung und Verwendung von Stoßspannungen für Prüfzwecke" für genormte Stoßspannung 1|50. Unterer Grenzwert für positive Leitungsarmatur.

Fehlende Maße sind freie Maße.

Zulässige Abweichungen der Abmessungen ± 5%.

Langstabisolatoren dürfen nur mit oberer und unterer Lichtbogen-Schutzarmatur verwendet werden.

Die Langstabisolatoren müssen auf dem obersten Schirm mit dem Ursprungszeichen und der Jahreszahl der Herstellung versehen sein.

Prüfverfahren nach VDE 0446 „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an".

Werkstoff des Isolierkörpers: Keramischer Werkstoff I A 1 oder II B 1 DIN 40685

Klöppel, Doppelklöppel und Klöppelpfannen, Anschlußmaße nach DIN 48060.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

RUNDSCHAU

Geräte und Stromrichter

DK 621.317.2 : 621.316.54

Eine neue Ersatzprüfschaltung für Hochleistungsschalter[1]). [Nach M. Trautweiler, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 349; 8½ S., 20 B.]

Nach einer kurzen Betrachtung des Abschaltvorganges eines Schalters werden folgende Bedingungen für eine einwandfreie Prüfschaltung aufgestellt: 1. Der Lichtbogenstrom muß beliebig groß gemacht werden können. 2. Der Lichtbogenstrom muß sinusförmig bleiben, während der Lichtbogen brennt, und darf unter keinen Umständen verfrüht Null werden. 3. Die wiederkehrende Spannung muß in der Steilheit ihres ersten Anstieges beliebig groß gemacht werden können, ebenso der Scheitelwert der wiederkehrenden Spannung. 4. Lichtbogen und wiederkehrende Spannung müssen sich beliebig oft in der richtigen Reihenfolge ablösen können, damit gegebenenfalls ein beliebig häufiges Wiederzünden möglich ist.

Die zweite Bedingung wird aus Betrachtungen über die Lichtbogenarbeit gefolgert. Es wird folgende allgemeine Beziehung zwischen Lichtbogenspannung u_B und Lichtbogenstrom i_B für Schalter angegeben:

$$u_B = \frac{K\,t^{\alpha}}{i_B^{\beta}},$$

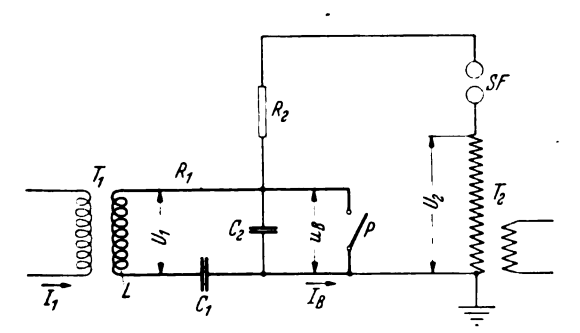
dabei ist K eine Konstante, t die Zeit nach der Kontakttrennung, $1/2 < \alpha < 2$, $0 < \beta < 3/5$. In einer Kritik der bisherigen Prüfverfahren wird festgestellt, daß bei der Hochleistungsprüfung die zweite Bedingung nur beschränkt und die dritte gar nicht erfüllt ist. Zu der Ersatzprüfschaltung von Erwin Marx[2]) wird gesagt, daß bei ihr die zweite Bedingung nicht erfüllt sei, und es werden Schwierigkeiten in der Erfüllung der vierten Bedingung gesehen.

Die von Trautweiler angegebene Ersatzprüfschaltung (Bild 1) soll allen Bedingungen genügen. Der stark gezeichnete Lichtbogenstromkreis ist mittels des Kondensators C_1 auf Resonanz abgestimmt. Eine Rechnung erweist, daß dadurch ein praktisch sinusförmiger Stromverlauf auch dann noch erzielt wird, wenn die Lichtbogenspannung u_B und die treibende Spannung U_1 die gleiche Größenordnung haben. Außerdem erhält man wegen der Resonanzüberhöhung $\varrho = \omega L/R_1$ einen Lichtbogenstrom I_B, der ϱ-fach größer ist als der (bei $ü = 1$) vom Speisetransformator T_1 primärseitig aufgenommene Strom I_1. Zur Durchführung wird die Anwendung eines eisenlosen Transformators T_1 mit großem Kupferquerschnitt empfohlen. Dadurch ist ein sehr großer Kapazitätswert von C_1 bedingt; es wird $C_1 > 1000\,\mu F$ angegeben. Die Prüfspannung wird von dem Hochspannungstransformator T_2 geliefert. Beim Auftreten der Löschspitze am Prüfling P wird mittels eines nicht näher beschriebenen Auslösekreises die Schaltfunkenstrecke SF gezündet und ein Spannungsstoß mit einer durch R_2 und C_2 einstellbaren Anstiegsteilheit auf die Kontakte von P gegeben. Unter der Annahme, daß die Lichtbogenspannung u_B durchschnittlich 1/20 der Schalternennspannung U_N beträgt, wird die sogenannte Prüfleistung der Ersatzschaltungen bezogen auf den Wert $N_H = U_N I_B$ der Hochleistungsprüfanlage. Für die Schaltung nach Marx wird bei $U_1/u_B = 5$ der Wert $1/4\,N_H$, für die soeben beschriebene Schaltung bei $U_1/u_B = 2$ und $\varrho = 20$ der Wert $1/200\,N_H$ errechnet.

Weiter wird ein kurzer Vergleich zwischen einer 500 MVA-Hochleistungsprüfanlage (Motor 2000 kW, Generator 75 000 kVA, Anzapftransformator 400 000 kVA) und einer gleichwertigen Prüfanlage nach Trautweiler gebracht. Für diese ist ein Motorgenerator von 1300 kVA und ein Kondensator von 40 m³ Rauminhalt vorgesehen; über den eisenlosen Transformator fehlen Angaben. Zum Schluß wird über günstig verlaufene Modellversuche zur Resonanzabstimmung des Lichtbogenstromkreises berichtet. Angaben über den verwendeten eisenlosen Transformator, den Resonanzkondensator und die erzielte Resonanzüberhöhung des Prüfstromes fehlen.

[Anmerkung des Berichters: Marx hat als erster das Prinzip angegeben, eine Lichtbogenlöscheinrichtung ohne Bereitstellung einer dem Strom-Spannungsprodukt entsprechenden Leistung unter gleichzeitiger Anwendung von zwei Stromquellen zu prüfen, wobei der Spannungsprüfkreis durch die beim Verlöschen des Lichtbogens sich im Lichtbogenstromkreis abspielenden Vorgänge gesteuert wird[1]). Dieses Prinzip benutzt Trautweiler ebenfalls. Der von ihm begangene Weg stellt demnach eine Änderung und Weiterarbeit an der von Marx[2]) und H. Verse[3]) entwickelten Ersatzprüfschaltung dar.] *Ve.*

[1]) Vgl. hierzu S. 621 dieses Heftes.
[2]) ETZ 57 (1936) S. 583 und ETZ 58 (1937) S. 726.



C_1 Abstimmkondensator (> 1000 µF)
C_2 Nebenkapazität zum Prüfling
I_1 Primärstrom
I_B Lichtbogenstrom
L Induktivität des Lichtbogenstromkreises
R_1 gesamter Wirkwiderstand des Lichtbogenstromkreises
R_2 Vorwiderstand
P Prüfling
SF Schaltfunkenstrecke
T_1 eisenloser Speisetransformator
T_2 Hochspannungstransformator
u_B Lichtbogenspannung
U_1 treibende Spannung

Bild 1. Grundsätzliche Schaltung des Lichtbogenstrom- und Prüfspannungskreises der Ersatzprüfschaltung.

Elektrische Maschinen

DK 621.316.9 : 621.313.2

Schutzeinrichtungen für Gleichstrommaschinen. [Nach H. Bany, Gen. Electr. Rev. 43 (1940) S. 312; 8 S., 7 B.]

Gleichstrommaschinen werden heute für die verschiedensten, meist Sonderzwecke verwendet und müssen oft unter Umständen arbeiten, die von den normalen stark abweichen. Dementsprechend sind auch die Schutzeinrichtungen vielfältig, die überdies noch von Art und Leistung der Maschine, bei Generatoren von der Charakteristik der Antriebsmaschine und des Netzes abhängen. Für umlaufende Maschinen, Gleichrichter also ausgenommen, kommen als Wirkung der Schutzeinrichtung Abschaltung durch Schnellschalter oder gewöhnliche Schalter und Beeinflussung des Feldes in Betracht. Durch die Antriebsmaschine sind meist Schutzeinrichtungen gegen Lauf als Motor, Unterspannung, Überstrom und Überdrehzahl und damit Überspannung bedingt. Die Schutzeinrichtungen in bedienten Werken können einfacher als solche in unbedienten sein und sich oft nur auf die Anzeige eines Fehlers durch Alarm usw. beschränken. Gegen Kurzschlüsse außerhalb der Maschine und hohe Überströme (über 200% des Nennstromes), welche Bürsten und Stromwender verbrennen können, ferner bei Maschinen bis 500 V und, falls viele Kurzschlüsse durch die Betriebsweise zu erwarten sind, bis 750 V, schützt man sich durch Schnellabschaltung (innerhalb 0,01 s), sonst durch gewöhnliche Abschaltung. Für Klein- und Kleinspannungs-Maschinen genügen Sicherungen. Bei mehreren auf Sammelschienen arbeitenden größeren Maschinen ist nur mit Schnellschaltern eine einigermaßen selektive Abschaltung möglich. Durch Verwendung von Überstrom-Richtungsrelais, die besonders auf raschen Stromanstieg und gleichzeitige Spannungsabsenkung reagieren, kann die Selektivität erhöht werden. Um in unbedienten Werken Abschaltungen zu vermeiden, werden verschiedene Mittel, wie etwa die Einschaltung von Strombegrenzungswiderständen, angewendet. — Auf Fehler innerhalb der Maschine und Überschläge sprechen die Überstromrelais wohl auch an, doch sind in diesem Fall Rück-

[1]) DRP 669260 vom 30. 6. 1931 und DRP 671331 vom 29. 9. 1932.
[2]) Siehe Fußnote 2.
[3]) Dissertation T. H. Braunschweig 1936.

stromrelais selektiver und werden vorgezogen. Bei einem geerdeten Leiter ist ein Erdschlußrelais zwischen Maschinenrahmen und Erde der beste Schutz, weil er von Last- und eventuellen Kurzschlußströmen unabhängig ist. — Gegen Überdrehzahl ist Abschaltung, Regelung oder Feldverstärkung der Antriebsmaschinen durch einen Zentrifugalregler das einfachste Mittel. Sonst kann die durch Überdrehzahl bewirkte Überspannung (meist bis 10% zulässig) über ein Relais im gleichen Sinne wirken. Ausgesprochener Überspannungsschutz wird selten angewandt, manchmal bei Generatoren, wo er feldschwächend wirkt oder abschaltet. Bei Lauf eines Generators als Motor, was bei Sinken der Antriebskraft eintritt, ist Abschaltung von der Stromquelle am günstigsten, was durch Energierichtungs- bzw. Rückstromrelais sehr hoher Empfindlichkeit geschehen kann. Diese Relais sollen bei großen Einankerumformern bei einem Rückstrom von 1 bis 2%, bei Motorgeneratoren und Dampfturbinenantrieben von 2 bis 4% und bei Verbrennungskraftantrieben von 5 bis 10% des Nennstromes ansprechen. Da Schutzeinrichtungen vorwiegend für unbediente Werke gedacht sind, muß die Wiedereinschaltung nach Rückkehr genügender Antriebskraft, z. B. durch einen Spannungsvergleich zwischen Maschinen- und Sammelschienenspannung — das Relais soll auf 1 bis 2% höhere Maschinenspannung ansprechen — erfolgen. Größere Gleichstrommotoren müssen bei starker Spannungssenkung abgeschaltet werden, um zu vermeiden, daß plötzlicher Spannungsanstieg die stehengebliebene Maschine trifft. Ferner muß der normale Anlaßvorgang eingeleitet werden. Die betreffende Schutzeinrichtung muß unempfindlich gegen die normalen Spannungsschwankungen sein, was zu direkt betätigter Unterspannungsauslösung führt. Um ein Durchbrennen bei Ausbleiben der Erregung einer mit anderen parallel arbeitenden Nebenschlußmaschine zu vermeiden, verwendet man ein empfindlich eingestelltes, momentan wirkendes Rückstrom- oder ein gewöhnliches momentan wirkendes Überstromrelais im Hauptstromkreis der Maschine. Bei Einankerumformern hat sich ein auf starke Stromabsenkung ansprechendes, wegen Lastschwankungen verzögert auslösendes Relais bewährt. — Als Schutzeinrichtung gegen Übertemperatur, um ständige Überlastung in unbedienten Werken zu vermeiden, dienen Temperaturrelais in Verbindung mit in den Ständerwicklungen untergebrachten Temperaturmeß-Widerstandsspulen oder wie bei Lagern mit Thermometern, manchmal nur thermisch wirkende Überstromrelais im Maschinenstromkreis. Seltener wird die Temperatur der Maschinenabluft oder des Lageröles überwacht. — Durch polarisierte Relais oder Prüf-Trockengleichrichter in Verbindung mit der Unterspannungsauslösung wird Anschaltung an das Netz mit falscher Polarität vermieden. Direkt mit der Wechselstrommaschine verbundene Erregermaschinen haben selten Schutzeinrichtungen, höchstens Überspannungsschutz bei Wasserkraftanlagen, wo Drehzahlerhöhung eine Spannungserhöhung hervorrufen könnte. In diesem Fall schaltet das Relais Widerstände in den Erregerkreis ein. Entsprechend der wesentlich verschiedenen Wirkungsweise sind auch die Schutzeinrichtungen von Quecksilberdampf-Gleichrichtern anders geartet als jene für umlaufende Gleichstrommaschinen. So entfällt die Notwendigkeit von Schutzeinrichtungen gegen Überdrehzahl, Lauf als Motor, Lagererwärmung, Unterspannung und Anschaltung mit falscher Polarität. *Ob.*

DK 621.313.33 : 621.314.2

Die V-Schaltung der Asynchronmaschine und des Transformators. [Nach F. Fraunberger, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 6, S. 359; 13 S., 10 B.]

Unterbricht man in einer primären Ringwicklung einer Asynchronmaschine oder eines Transformators den Ring an einer Stelle, dann entsteht aus der Dreieckswicklung die V-Schaltung. Diese Schaltung kann, wie auch eine Reihe ähnlicher Schaltmöglichkeiten, am besten mittels der Methode der symmetrischen Komponenten erfaßt werden. Mit Hilfe der Scheinwiderstände der drei Systeme, deren Berechnung und Messung erklärt wird, ist es möglich, die symmetrischen Komponenten der Ströme und Spannungen dieser Schaltung und daraus die Ströme und Spannungen selbst zu bestimmen. Für den Schleifringläufer in V-Schaltung werden so die Ortskurven der Ströme und Spannungen ermittelt. Es ergeben sich bizirkulare Quartiken, die für einen Motor von 5,5 kW dargestellt sind. Der Vorteil der Methode der symmetrischen Komponenten beruht nun bei unserer Schaltung nicht so sehr in der einfacheren Ermittlung der Ströme als vor allem in der Berechnung des Drehmomentes, das mit Hilfe des Kreisdiagrammes der symmetrisch gespeisten Maschine gewonnen werden kann. Die bedeutende Verminderung des Drehmomentes läßt diese Schaltung als geeinget zum Sanftanlauf erscheinen.

Ist bei der Asynchronmaschine das Verhalten bei verschiedenen Drehzahlen von Interesse, dann ist es beim Transformator das Verhalten bei verschiedenen Belastungen. Deshalb werden für den mit symmetrischen Widerständen belasteten Transformator die Ortskurven der Ströme und Spannungen ermittelt und für einen bestimmten Belastungsfall das Vektordiagramm gezeichnet. Die dabei auftretenden großen Spannungsabfälle und vor allem die Verzerrungen der Spannungssterne lassen einen derartigen Betrieb nur in Notfällen bei kleiner Belastung als gerechtfertigt erscheinen.

Fernmeldetechnik

DK 621.397.621

Das Skiatron als neues Hilfsmittel zur Fernseh-Großbildprojektion. [Nach A. H. Rosenthal, Electronics 13 (1940) S. 52 u. 117; 6½ S., 4 B.]

Zum Fernsehen wird die Entwicklung eines Fernsehgroßbildes in Zukunft eine entscheidende Rolle spielen. Die optische Projektion aufeinanderfolgender Bilder veränderlicher Durchlässigkeit, d. h. das Festhalten eines Bildes für eine gewisse Zeit auf dem Projektionsschirm wird mit die beste Aussicht haben. Dieses Prinzip der Lichtsteuerung zusammen mit der optischen Speicherung ist schon in mehreren Verfahren erörtert worden. Die Erzeugung von Bildern mittels Lichtsteuerung geht in der Weise vor sich, daß von einer Glüh- oder Bogenlampe der Betrachtungsschirm durch einen besonderen Steuerschirm hindurch beleuchtet wird, wobei die Helligkeitswerte der verschiedenen Bildelemente durch Änderung der Durchlässigkeit dieses Schirmes erhalten werden. Damit ist es möglich, eine gewünschte Größe und Helligkeit des Bildes zu erzeugen, da dies lediglich von der Helligkeit der Lichtquelle und von dem Öffnungsverhältnis des Projektionsobjektives abhängt.

Das Ultraschall-Lichtrelais hat in der Großbildprojektion eine gewisse technische Vollkommenheit erreicht. In Deutschland war das Zwischenfilmverfahren ebenfalls bis zu einem gewissen Grade durchgebildet worden. Das neue Verfahren hat in der Durchleuchtung eines besonders präparierten Schirmes und der örtlichen Helligkeitsänderung durch Beeinflussen des Schirmes mittels des modulierten Kathodenstrahls eine gewisse Analogie zum Zwischenfilmverfahren. Hierbei kommt es in der Hauptsache darauf an, einen Stoff zu finden, der durch Bestrahlen mit Elektronen seine Durchlässigkeit in Abhängigkeit von der Elektronenstrahlintensität ändert. Solche Werkstoffe sind beispielsweise Kristalle der Alkali- oder Erdalkali-Halogenide, z. B. Chloride, Bromide, Jodide von Natrium und Kalium, Lithium-Bromid, Kalzium-Fluorid, Strontium-Fluorid und -Chlorid. Alle diese Kristalle gehören der Klasse der sogenannten Ionen-Kristalle an. Wenn diese Kristalle, die normalerweise für sichtbares Licht durchlässig sind, von Kathoden-, Röntgen- oder Radiumstrahlen oder von Licht geeigneter Wellenlänge getroffen werden, wird ein undurchsichtiger Niederschlag als sogenanntes Farbzentrum gebildet, wobei der Grad der Durchlässigkeit von der Intensität der auffallenden Strahlen abhängt.

Bei den Alkali-Halogeniden ergab die Untersuchung, daß die Farbzentren wahrscheinlich aus neutralen Alkali-Atomen bestehen, die lose im Kristall in der einen oder anderen Weise gebunden und die vergleichbar sind mit dem Niederschlag von metallischem Silber in einem latenten photographischen Bild. Der Niederschlag von Metallen in dem Kristallgitter kann auch durch Heizen eines Alkali-Halogenidkristalles in einer Atmosphäre dieses Alkalidampfes geschaffen werden, wobei das Metall in den Kristall hineindiffundiert. Der einmal geschaffene undurchsichtige Niederschlag kann auch mittels oben genannter Strahlen wieder zerstört werden, wobei der Grad der Zerstörung in einem gegebenen Zeitintervall von der Intensität der Strahlung und von der Dichte des bereits gebildeten Niederschlages abhängig ist. Der Dichteeffekt bei gegebener Intensität der einfallenden Strahlen ist die Folge eines Gleichgewichtes zwischen Bildung und Zerstörung des Niederschlages, wobei bei geringerer Intensität ein Vergrößern des Niederschlages und bei größerer Intensität eine Abnahme des Niederschlages in ähnlicher Weise wie der bekannte Solarisations-Effekt beim latenten photographischen Bild stattfindet. Der Werkstoff kann aus einem einzelnen dünnen Kristall oder einem Mosaik kleinerer Kristalle bestehen oder mikrokristalline Struktur haben; ebenso kann eine Mischung von zwei oder mehreren Stoffen benutzt werden. Wenn der Stoff die Form eines Einkristalls hat, kann das Verschwinden des undurchsichtigen Niederschlages durch Verweilen des Kristalles in einem elektrischen Feld und bei geeigneter Temperatur erreicht werden. Hierbei wandert der Niederschlag durch den Kristall hindurch in

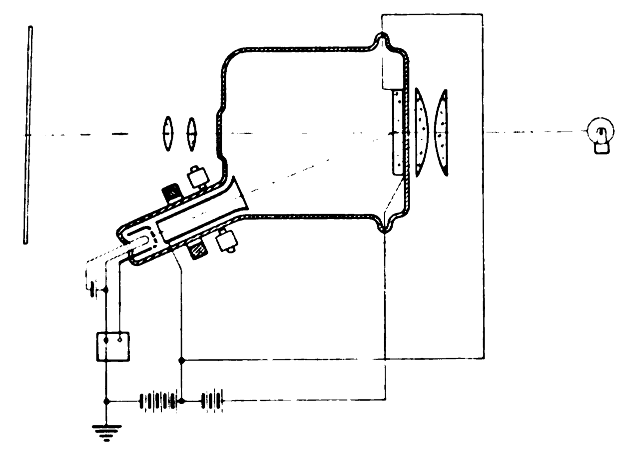


Bild 2. Grundsätzlicher Aufbau des Skiatrons.

Richtung zum positiven Pol. Wenn er diesen erreicht, verschwindet er, so daß wieder die volle Lichtdurchlässigkeit des Kristalls erreicht ist. Die Wanderungsgeschwindigkeit des undurchlässigen Niederschlages hängt von der Feldstärke und von der Temperatur ab; für eine gegebene Feldstärke wächst die Geschwindigkeit dieser Bewegung mit der Temperatur des Kristalls.

Die Anwendung geschieht in der Weise, daß ein ebener Kristall eines Alkali-Halogenids, z. B. Kaliumchlorid, auf beiden Seiten mit einer lichtdurchlässigen Elektrode versehen wird. Diese Metallelektrode wird in dünner Schicht oder in Form eines feinmaschigen Netzes aufgebracht. An die beiden Elektroden wird eine geeignete Spannung gelegt. Von der einen Seite wird der Kristall mittels einer konstanten Lichtquelle durchleuchtet, von der anderen Seite her ähnlich einer Bildspeicherröhre mit einem Kathodenstrahl abgetastet. Eine Linse entwirft ein Bild des Steuerschirmes auf einen großen Projektionsschirm (Bild 2). Der Vorgang beim Betrieb des Gerätes ist folgender: Beim Auftreffen des Kathodenstrahles dringen Elektronen in den Kristall ein, wobei sich diese als freie Elektronen in Richtung der positiven Elektrode zwischen dem Kristallgitter hindurchbewegen. Das Gitter ist aus abwechselnden positiven Alkali-Ionen und negativen Halogen-Ionen gebildet. Während der Elektronenwanderung findet eine Neutralisation der Alkali-Ionen statt. Hierbei bildet sich ein Farbzentrum, das für Licht mehr oder weniger durchlässig ist. Die einfallenden Elektronen des Kathodenstrahls können außerdem Sekundärelektronen in größerer Anzahl erzeugen, wodurch der Effekt weiterhin verstärkt wird. Nach einiger Zeit wird durch die Wärmebewegung des Gitters das metallische Alkali-Atom wieder in ein Ion oder ein Elektron gespalten, das freie Elektron bewegt sich in Richtung zur positiven Elektrode, bis es wieder auf ein anderes Alkali-Ion auftrifft und abermals ein Farbzentrum erzeugt. Bei geeigneter Wahl der Stärke des elektrischen Feldes bzw. der Wärme des Kristalls kann man die Wanderung des Niederschlages so bemessen, daß er in der Zeit des Bildwechsels die positive Elektrode erreicht, so daß also das Bild eine Speicherung für die Bildwechselzeit erfährt, wodurch vor allem das Flimmern des Bildes weitgehend herabgesetzt wird. Das gestattet aber wiederum ein Erniedrigen der Bildwechselzahl und damit bei gegebenem Frequenzband eine Erhöhung der Bildpunktzahl. Das Verfahren macht aber gegenüber den bisherigen Verfahren der Abtastung, insbesondere bei der Synchronisierung, eine Abänderung notwendig. Die Synchronisierimpulse, die beim Bild- und Zeilenwechsel in Richtung „Schwarz" erfolgten, müssen zur Vermeidung von störenden Rückläufen in umgekehrter Richtung verlaufen. Also wird ein Impuls in Richtung „Weiß" gegeben, wodurch eine Verminderung der Intensität des Abtaststrahls eintritt. Je nach nach Wahl des Schirmwerkstoffes ergibt sich beim Abtasten durch den Elektronenstrahl bzw. geeigneter Erwärmung ein verschiedenfarbiger Niederschlag. Dies läßt sich in geeigneter Weise nach Art des subtraktiven Farbverfahrens zum Erzeugen farbiger Bilder verwenden, indem drei solcher Röhren zur Projektion auf den Betrachtungsschirm benutzt werden. *Hma.*

DK 621.396.823 +.828

Maßnahmen gegen induktive Störungen von Telegraphenleitungen. [Nach J. W. Milnor, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 469; 5½ S., 11 B.]

Die Arbeit bringt einen Überblick über in Amerika erprobte Verfahren, induktive Störungen von Telegraphenleitungen durch benachbarte Starkstromleitungen unschädlich zu machen. Solche Maßnahmen können nicht nur in der Nähe von Wechselstrombahnen für 25 Hz, sondern wegen der starren Erdung des Neutralpunktes auch bei Näherungen an Drehstromleitungen von 60 Hz notwendig werden; es kann jedoch auch die dritte Harmonische mit 180 Hz stören, während Störungen durch höhere Oberschwingungen noch nicht beobachtet wurden. Entstörungsmaßnahmen sind daher in Amerika von größerer Bedeutung als bei uns. Die Arbeit beschränkt sich auf Maßnahmen an den Telegraphenleitungen, bringt zunächst einen kurzen Überblick über die Arbeitsweise von Telegraphengeräten, das bei einem Fünferalphabet auftretende Frequenzspektrum und erwähnt dann die Möglichkeit, Störungen durch Übergang zu Doppelleitungs- oder Trägerfrequenzverfahren unwirksam zu machen. Ausführlich werden verschiedene Verfahren beschrieben, bei denen der in einem auf der Beeinflussungsstrecke verlegten, beiderseits gut geerdeten Hilfsdraht induzierte Strom benutzt wird, um die Fremdspannungen in den Telegraphenleitungen zu kompensieren. Man kann dazu einfach einen Transformator mit der entsprechenden Zahl von Wicklungen nach C. F. Scott benutzen, der aber ziemlich groß sein muß, auch wenn die für den Hilfsdraht bestimmte Wicklung auf die störende Frequenz abgestimmt wird. Bei 200 V induzierter Spannung, etwa 30 km Näherungslänge und Wicklungen für 34 Leitungen wird ein Gewicht von etwa 225 kg angegeben. Um ein Übersprechen zwischen den Telegraphenleitungen zu verhindern, muß der Hilfsdrahtkreis für die anderen Wicklungen als Kurzschlußwicklung wirken; der Hilfsdraht muß also großen Querschnitt haben und gut geerdet werden. Man kann aber auch jeder Telegraphenleitung eine eigene, geerdete Hilfsleitung zuordnen, die nur auf der Näherungsstrecke erforderlich ist. Sehr wirksam ist ein auch aus Japan bekanntes Verfahren, bei dem die in dem Hilfsleiter induzierte Spannung über einen Verstärker dem Kompensationstransformator zugeführt wird; man kann damit bis zu 97% der Fremdspannung ausgleichen und auch Schutz gegen Störungen durch Schaltvorgänge erreichen. Das Übersprechen kann durch einen besonderen Verstärker bekämpft werden. Eine dritte Gruppe von Maßnahmen besteht in der Anwendung von abgestimmten Schaltungen mit Resonanznebenschlüssen, Sperrkreisen, Differential- oder Brückenschaltungen usw. Dieses an sich einfache Verfahren kann natürlich nur benutzt werden, wenn störende Frequenz und Telegraphierfrequenz weit genug getrennt sind, weil sonst die Telegraphierzeichen untragbar verzerrt werden würden. Da die Telegraphierfrequenz je nach der erforderlichen Arbeitsgeschwindigkeit 60 Hz erreichen oder auch etwas überschreiten kann, kann man mit einfachen Mitteln nur Störungen durch Oberwellen von 180 Hz beheben. Mit scharf abgestimmten Kreisen ist noch ein Schutz möglich, wenn die Telegraphierfrequenz $^9/_{10}$ der störenden Frequenz beträgt. Eine besonders schmale Resonanzkurve läßt sich mit einem mechanischen Schwinger erzielen, dessen von der Fremdspannung angestoßene Schwingungen den Leitungen über einen Verstärker zugeführt werden. Die Halbwertsbreite ist nur einige Zehntel Hz, die Einschwingzeit allerdings entsprechend groß. Man kann damit Störungen unabhängig von der Telegraphierfrequenz beheben, sofern man nur gewisse Telegraphierfrequenzen ausschließt, die in einem einfachen rationalen Verhältnis zur störenden Frequenz stehen. [Anm. d. Ber.: In Deutschland ist mit Störungen durch Drehstromleitungen nicht zu rechnen, weil der Nullpunkt nicht starr geerdet ist. Störungen durch Wechselstrombahnen mit $16^2/_3$ Hz sind bei der Einführung dieser Bahnen eingehend untersucht worden, ebenso Abhilfemaßnahmen verschiedener Art, insbesondere Resonanzschaltungen, Röhrenschaltungen, auch die Schaltung von Scott. Wegen der niedrigen störenden Frequenz, die Resonanzschaltungen fast unmöglich macht, ist man aber durchweg zur Verdopplung der Leitungen übergegangen.] *Kl.*

Theoretische Elektrotechnik

DK 621.3.011.2.001

Zur Theorie des induktiven Blindwiderstandes. [Nach M. Päsler, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 6, S. 372; 7 S.]

In einer früheren Arbeit[1]) zeigte M. Päsler, daß beim Anlegen einer beliebigen Spannung $U(t)$ an einen Kondensator dieser sich wie ein Leiter mit der Leitfähigkeit

$$G_c = \frac{C}{U}\frac{dU}{dt} + \frac{dC}{dt} = C\,\frac{d\ln U}{dt} + \frac{dC}{dt} \qquad (1)$$

[1]) Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 10, S. 598; s. a. ETZ 62 (1941) H. 1 S. 22.

verhält. Aus dieser Gleichung läßt sich bei bekannten $U(t)$ das jeweilige Leitvermögen bzw. der jeweilige (Blind-)Widerstand eines Kondensators bestimmen. Gl. (1) ist der allgemeinste Ausdruck für den reziproken Wert des Widerstandes eines Kondensators.

Es liegt nun nahe, durch Einschlagen desselben Weges, der in oben zitierter Arbeit zur Herleitung von Gl. (1) beschritten wurde, ebenfalls einen allgemeinen Ausdruck für den Blindwiderstand einer Induktivität L herzuleiten, der für gegebenes L und bekannten, jedoch beliebigen Spannungsverlauf $U(t)$, den jeweiligen Blindwiderstand der Induktivität (Induktanz) sofort zu berechnen gestattet. Zu diesem Zweck betrachtet der Verfasser eine Spule mit der Induktivität L und dem ohmschen Widerstand R, an der eine (beliebige) Spannung $U(t)$ liegt und berechnet, ausgehend von der Gleichung

$$\frac{d(L I)}{d t} + I R = U \tag{2}$$

den durch die Spule fließenden Strom I, für den sich durch Integration von Gl. (2) der Ausdruck

$$I = \frac{\int U e^{\int \frac{R}{L} d t} d t - \left(\int U e^{\int \frac{R}{L} d t} d t\right)_{t=0}}{L e^{\int \frac{R}{L} d t}} \tag{3}$$

ergibt. Hierbei bedeutet die zweite Klammer im Zähler von Gl. (3) den Wert des Integrals zur Zeit $t = 0$, d. h. zu Beginn des Vorganges. Der über die Spule fließende Strom I wird deshalb benötigt, weil nun, da die Spannung $U(t)$ vorgegeben ist, mit Hilfe des ohmschen Gesetzes, dessen absolute Gültigkeit im vorliegenden Fall vorausgesetzt wird, ein Quotient $\mathfrak{R} = U:I$ gebildet werden kann, der als der Widerstand der betrachteten Spule definiert wird. Für ihn ergibt sich

$$\mathfrak{R} = \frac{U L e^{\int \frac{R}{L} d t}}{\int U e^{\int \frac{R}{L} d t} d t - \left(\int U e^{\int \frac{R}{L} d t} d t\right)_{t=0}}, \tag{4}$$

ein Gesetz, das die Abhängigkeit des Widerstandes einer stromdurchflossenen Spule von R, L und U darstellt. Wegen des Auftretens von L und R stellt $\mathfrak{R}$ den Scheinwiderstand (Impedanz) der Spule dar, aus der sich für $R = 0$ der gesuchte Blindwiderstand zu

$$R_L = \frac{L U}{\int U d t - \left(\int U d t\right)_{t=0}} \tag{5}$$

ergibt. Diese Formel stellt die Lösung der eingangs gestellten Aufgabe dar und ist wegen der voraussetzungslosen Herleitung der allgemeinste Ausdruck für die Induktanz einer Spule, da R_L als Funktion L und U ausgedrückt ist. Aus Gl. (5) erkennt man, daß R_L von der Induktivität L und dem Integral nach der Zeit von der an ihr liegenden Spannung U abhängt. Ferner geht noch der Term $\left(\int U d t\right)_{t=0}$ ein, der den bei Ausgleichvorgängen auftretenden „flüchtigen" Widerstandsanteil erfaßt.

Interessiert bei der Bestimmung von R_L dessen Verhalten während eines Ausgleichvorganges nicht — und das ist in der Praxis im allgemeinen der Fall, da diese Vorgänge verhältnismäßig sehr schnell abklingen — so erhält man durch Nullsetzen der Klammer in Gl. (5) einen Ausdruck für R_L im „stationären" Zustand von der Form

$$R_L = \frac{L U}{\int U d t}, \tag{6}$$

der aber gleichwertig ist mit

$$R_L = L \frac{d}{d t} \ln \int U d t. \tag{7}$$

Ein Vergleich dieses Ausdruckes mit Gl. (1) zeigt gewisse Reziprozitäten, auf die nicht näher eingegangen werden kann.

Aus den Lösungen (4), (5) oder (7) kann man durch Vorgabe bestimmter Spannungen die Induktanz für gewisse Fälle bestimmen. Die Anwendung dieser Gleichungen ergibt z. B. (wie es sein muß) für konstante Spannungen $R_L = 0$, für sinusförmige Wechselspannungen (mit der Kreisfrequenz $2\pi f = \omega$) $R_L = j\omega L$. Beim Anlegen einer gedämpften sinusförmigen Wechselspannung an eine Induktivität wird die Induktanz größer und zwar $R_L = L\sqrt{a^2 + \omega^2}$, wobei a den Dämpfungsfaktor bedeutet. Durch Verknüpfung der Gl. (1) und (7) kann man schließlich die Thomsonsche Formel (Resonanzbedingung eines elektrischen Schwingungskreises) herleiten.

DK 621.315.615.011.2 : 534.321.9

Änderung der elektrischen Leitfähigkeit durch Ultraschall. [Nach F. Seidl, Z. Phys. 116 (1940) S. 359; 7 S., 6 B.]

Der Einfluß des Ultraschalls auf die Leitfähigkeit flüssiger Dielektrika besteht in einer Erhöhung der Leitfähigkeit. Diese wurde bisher auf Verunreinigungen zurückgeführt. F. Seidl sucht daher den Einfluß von Verunreinigungen durch geeignete Form des Gefäßes, Destillation und elektrische Reinigung des Dielektrikums möglichst auszuschalten. Die Messungen werden bei kleinen Feldstärken unter Aufnahme von Strom-Zeitkurven an Tetrachlorkohlenstoff, Hexan und Toluol durchgeführt. Sie ergeben immer eine Leitfähigkeitserhöhung, die als ein Effekt im Flüssigkeitsvolumen gedeutet und auf Vorgänge, ähnlich jenen in dichten Gasen, zurückgeführt wird. *Br.*

Verschiedenes

DK 621.383 : 628.16

Kontrolle der Wasserchlorung durch Photozellen. [Nach J. H. Harrington, Canad. Eng. Water Sew. 78 (1941) S. 13; 6 S., 8 B.]

In den Wasserwerken wird dem Gebrauchswasser eine geringe Chlormenge zugesetzt, die die Sterilisierung bewirkt. Da anderseits ein zu starker Chlorsatz vermieden werden muß, ist es wichtig, den Chlorgehalt des Wassers unabhängig von allen anderen gelösten Salzen, Säuren und Basen wartungsfrei zu registrieren und selbsttätig zu regeln. Die elektrolytische Leitwertmessung sowie die p_H-Wertmessung können hierfür nicht verwendet werden. Mit der in Bild 3 dargestellten An-

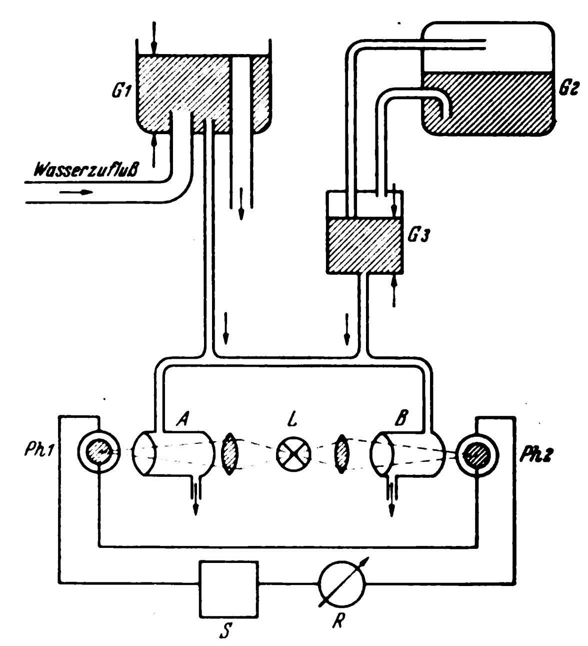


Bild 3. Kolorimetrische Chlorgehalt-Registrierung und Reglung.

ordnung ist die meßtechnische Aufgabe lösbar. Durch das Rohr A fließt ständig das Wasser, dessen Chlorgehalt gemessen werden soll, als Vergleichslösung. Durch das Rohr B fließt das gleiche Wasser nach einem Zusatz von Ortho-Tolidin. Dieser Zusatz bewirkt bereits bei einem Chlorgehalt von 10^{-6} eine intensive Grün- bis Blaufärbung entsprechend der Reaktion nach Ellms-Hauser. Je nach der Färbung des Wassers im Rohr B, d. h. nach seinem Chlorgehalt, fällt mehr oder weniger von der Lichtquelle L herrührendes Licht auf das Photoelement Ph_2, dessen Spannung der des Photoelementes Ph_1 entgegengeschaltet ist. Die Differenz wird von Drehspulmeßwerken im Regler R und im Schreiber S angezeigt. Das Überlaufgefäß G_1 sorgt für einen unveränderlichen Wassermengenzufluß zu den Rohren A und B. Der die Ortho-Tolidinlösung enthaltende geschlossene Behälter G_2 und das Gefäß G_3 bewirken den Zusatz einer unveränderlichen Menge Indikatorlösung zu dem das Rohr B durchfließenden Wasser. Der Verbrauch an Ortho-Tolidinlösung beträgt 2 g für 24stündigen Betrieb. Die beschriebene Anordnung ist in den Wasserwerken der Stadt Montreal in Canada seit fünf Jahren in Betrieb. Die Meßfehler sind gering, wenn die Lichtquelle L aus einem Spannungskonstanthalter betrieben und in der Indikatorlösung ein p_H-Wert zwischen 4,4 und 5,4 aufrechterhalten wird. *A. Kz.*

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Freileitungen und Isolatoren

Die Ausschüsse für Freileitungen und Isolatoren haben nach eingehenden Beratungen einer Arbeitsgruppe den Entwurf 1 zu

DIN 48012 Langstabisolatoren L

ausgearbeitet, der auf S 626 dieses Heftes veröffentlicht ist.

In diesem Zusammenhang wird auf den einführenden Aufsatz auf S. 623 verwiesen.

Anregungen und Verbesserungsvorschläge können bis zum 10. August 1941 bei der Geschäftstelle des VDE eingereicht werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Geschäftsführer:
Viefhaus

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus

Arbeitsgebiet der VDE-Prüfstelle

Nach dem Inkrafttreten der neuen vom VDE in der ETZ 62 (1941), H. 24 veröffentlichten VDE-Bestimmungen kann in Zukunft auch für einige Installationsmaterialien, welche in den bisherigen Bestimmungen noch nicht berücksichtigt waren, die Genehmigung zur Führung des VDE-Zeichens ausgesprochen werden, z. B. für Leuchtenklemmen (VDE 0606/V. 41), Bajonettfassungen (VDE 0616/V. 41), Lichtdrücker (VDE 0632/V. 41).

Die VDE-Prüfstelle nimmt zur Zeit Anträge auf Erteilung der Genehmigung zur Führung eines Verbandszeichens des VDE für folgende Erzeugnisse an:

Leitungsschutzsicherungen

Schmelzeinsätze, Sicherungssockel, Paßeinsätze, Schraubkappen.

Lampenfassungen

Schraubfassungen E 14, E 27, E 40.
Bajonettfassungen B 15, B 22.
Soffittenfassungen S 15, S 19.

Leuchten

Armaturen, Handleuchten, Nähmaschinenleuchten, Christbaumbeleuchtungen.

Spannungssucher

Verbindungs- und Abzweigdosen, Hauptleitungsabzweigkästen, Leuchtenklemmen, Abzweigklemmen.

Steckvorrichtungen

Wand- und Kragensteckvorrichtungen, Kupplungssteckvorrichtungen (Kupplungen), Gerätesteckvorrichtungen.

Schalter

Installationsschalter, Geräteschalter, Lichtdrücker (Drehschalter, Kippschalter, Druckknopfschalter, Zugschalter sowie Schalter, die durch Fingerdruck, Gewichtsbelastung oder Lageveränderung im Einschalt- oder Ausschaltzustand gehalten werden).

Installationsrohre

Falzrohre, Stahlrohre mit und ohne Gewinde, Rohre ohne Metallmantel usw.

Elektrowärmegeräte für Haushalt, Landwirtschaft und Kleingewerbe

Bügeleisen, Wasserkocher, Tee- und Kaffeemaschinen, Tauchsieder, Heißwasserspeicher, Durchlauferhitzer, Bratpfannen, Brotröster, Koch- und Wärmeplatten, Elektroherde, Futterdämpfer, Elektrowärmegeräte für das Friseurhandwerk, Leimkocher, Lötkolben, Wärmestrahler, Öfen und dergl. (Es kommen im allgemeinen nur solche Geräte in Betracht, die üblicherweise von Laien bedient werden, dagegen nicht Großgeräte, wie Großherde, Schmelzöfen usw.)

Schmiegsame Elektrowärmegeräte

Heizkissen, Heizteppiche usw.

Geräte mit Kleinstmotoren

Staubsauger, Bohnermaschinen, Tischfächer, Luftduschen, Rasierapparate, Haarschneidemaschinen, Viehschermaschinen, Nähmaschinen, Waschmaschinen usw.

Elektrowerkzeuge

Schutz-, Netzfernmelde- und sonstige Transformatoren für Kleinspannung und Kleinleistung

Gleichstromreduktoren

Fernmeldegeräte

Rundfunkgeräte zum Anschluß an Starkstromanlagen

Rundfunkempfänger,
Verstärker, Netzanschluß-, Verbindungs- und Schallgeräte (Lautsprecher, Kopfhörer, elektrische Schalldosen.)

Kondensatoren der Rundfunk- und Entstörungstechnik

Hochfrequenzheilgeräte

Galvanische Elemente und Batterien

Isolierte Leitungen für Starkstrom- und Fernmeldeanlagen

Kabelvergußmasssen

Anträge auf Begutachtung nach den VDE-Bestimmungen werden entgegengenommen für alle vorstehend aufgeführten Erzeugnisse und auch für andere Erzeugnisse, soweit dies nach den bestehenden VDE-Bestimmungen möglich ist. Die VDE-Prüfstelle bittet, in Zweifelsfällen unter genauer Beschreibung der in Betracht kommenden Gegenstände bei ihr anzufragen.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Dall

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

Oscar Schmidt. — Am 1. Juli 1941 stand Herr Oberingenieur Schmidt VDE 25 Jahre in den Diensten der Firma Gustav Schortmann & Sohn, Fabrik elektrotechnischer Spezialartikel, in Leipzig. Herr Schmidt hat nach Beendigung mehrjähriger praktischer Tätigkeit in verschiedenen Maschinenfabriken die Ingenieurabteilung des Technikums in Mittweida besucht. Er trat nach Ablegung der Abschlußprüfungen bei der Fa. Körting & Mathiesen, Leipzig, als Laboratoriumsingenieur ein. Ihm wurde dann die Leitung des Laboratoriums für Marinescheinwerfer übertragen. Am 1. Juli 1916 trat er bei Gustav Schortmann & Sohn, Leipzig, als Betriebsleiter ein. Nach dem Weltkrieg wurde von dieser Firma die Herstellung von Installationsmaterial, vor allen Dingen Steckern Kupplungen, Gerätesteckdosen, Abzweigsteckern usw., aufgenommen. Auf diesem Gebiet ist Herr Oscar Schmidt einer der ersten Fachmänner geworden. Seit 1928 gehört er verschiedenen Ausschüssen des VDE an, die sich mit Steckvorrichtungen und den mit diesem Installationsmaterial zusammenhängenden Fragen befassen.

A. Molly VDE

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 538.56

Elektrische Kippschwingungen. Wesen und Technik. Von H. Richter. (Physik und Technik der Gegenwart, herausgeg. v. Dr. H. Faßbender, Bd. 7). Mit 161 B., X u. 154 S. im Format 142×217 mm. Verlag von S. Hirzel, Leipzig 1940. Preis kart. 10 RM, geb. 11,50 RM.

Die zunehmende Erweiterung des technischen Wissens macht eine immer mehr um sich greifende Spezialisierung und Abgrenzung auf einzelne Teilgebiete, ja sogar Teilprobleme der Technik erforderlich. In diesem Sinne ist auch das vorliegende Buch zu werten, das sich mit einem Teilgebiet der Schwingungslehre beschäftigt. Die elektrischen Kippschwingungen haben besonders durch die Oszillographen- und Fernsehtechnik wesentliche Bedeutung gewonnen, was sich auch in der großen Zahl von Veröffentlichungen über dieses Gebiet ausdrückt. In dem Bestreben des Verfassers, nur das Grundsätzliche über Kippschwingungen zu sagen, erfolgte eine weitere Einschränkung des Stoffes auf die Behandlung zweier Kurvenformen: 1. Exponentielle Kippkurven und 2. Zeitlineare Kippkurven. Der bei der Darstellung benötigte mathematische Aufwand ist äußerst gering. Leider sind darin aber einige Unrichtigkeiten enthalten. Auf die Wiedergabe von ausführlichen Schaltungen und von Betriebserfahrungen wurde zugunsten des Grundsätzlichen bewußt verzichtet.

Im ersten Drittel des Buches werden das Wesen der Kippschwingungen, ihre physikalische Natur, die Kurvenform und ihre Analyse, sowie die Synchronisierung behandelt. Dann erfolgt eine sich über die Hälfte des Buches erstreckende Betrachtung der Wirkungsweise von Kippgeneratoren, in der die wichtigsten Schaltungen der Praxis und die Dimensionierung der Schaltelemente besprochen sind. Zum Schluß wird auf die Übertragung von Kippspannungen und Kippströmen, ferner auf die meßtechnische Untersuchung und die Anwendungen von Kippschwingungen kurz eingegangen. Die wichtigsten Veröffentlichungen sind in einem Literaturverzeichnis angegeben.

H. Döring VDE

DK 621.395

Die Fernsprechtarife der Welt und ihre Grundlagen. Bearb. im Institut für Weltwirtschaft, Dr. sc. pol. W. Boesser. (Verkehrswiss. Abhandlg. Heft 11.) Mit 16 B. u. 164 S. im Format C 5. Verlag Gustav Fischer, Jena 1940. Preis geh. 5 RM.

Die Abhandlung enthält 3 Abschnitte:

I. Aufbau und Tarife im Fernsprechwesen.
II. Die Grundlagen der Fernsprechgebühren (tarifbestimmende Faktoren im Ortsverkehr und im Fernverkehr).
III. Das Verhältnis von Telegraph und Telephon.

Nach den Ausführungen des Verfassers in der Einleitung will das Buch einen Vergleich der Gebührenpolitik im Fernsprechwesen verschiedener Länder ermöglichen. Ob solche Vergleiche allein auf Grund der in den Abschnitten I und II gebotenen Unterlagen in allen Fällen zu richtigen Schlüssen führen, ist fraglich. Denn nicht immer lassen sich aus dem Tarifsystem selbst und den preisbestimmenden Faktoren alle Gründe erkennen, die für die Einführung eines bestimmten Gebührensystems ausschlaggebend gewesen sind. Die Darstellung der Fernsprechtarifsysteme in fast allen europäischen Ländern sowie in Australien, Südafrika, Japan, Britisch-Indien, China, Argentinien, Kanada und den V. S. Amerika ist mit großer Sorgfalt und mit Gründlichkeit durchgeführt und durch Schaubilder und Tafeln vervollständigt. Die Abhandlung über die von den europäischen Ländern stark abweichenden Verhältnisse in den V. S. Amerika umfaßt allein 25 Seiten; sie bringt auch Ausführungen über die Arbeit der Federal Communications Commission. Vergleiche zwischen den Tarifsystemen der behandelten Länder, die für den Fachmann von besonderem Interesse sein würden, werden leider nicht gezogen; der Verfasser erörtert im zweiten Abschnitt nur, welche Berücksichtigung die tarifbestimmenden Faktoren in den am häufigsten vertretenen Tarifsystemen gefunden haben. Es ist zuzugeben, daß die zur Durchführung der Vergleiche notwendigen betriebswirtschaftlichen Untersuchungen viel Zeit in Anspruch genommen und den Umfang des Buches erheblich vergrößert hätten. Den zwischenstaatlichen Fernsprechverkehr hat der Verfasser unberücksichtigt gelassen, da „hier überwiegend außerwirtschaftliche Faktoren an der Tarifbildung beteiligt sind". Daß überwiegend außerwirtschaftliche Faktoren dem Gebührenaufbau zugrunde liegen, dürfte wohl nur auf den Überseefernsprechdienst zutreffen. Die im europäischen zwischenstaatlichen Dienst angewendeten Gebühren bauen sich auf einer Grundlage auf, die aus den für die Abwicklung eines Auslandsgesprächs entstehenden Selbstkosten (Ausgaben für Herstellung und Unterhaltung der technischen Einrichtungen in den End- und Durchgangsämtern, Ausgaben für die Leitung je nach ihrer Länge, Ausgaben für die Bedienung der technischen Einrichtungen usw.) gefunden und festgesetzt worden ist. Allerdings bilden die Gebühren für den zwischenstaatlichen Fernsprechdienst ein Sondergebiet, das in einer Abhandlung über die Fernsprechtarife der Welt und ihre Grundlagen fehlen kann, ohne daß das Fehlen als Mangel anzusehen ist. Der Fernsprechgebührenfachmann wird diese Zusammenstellung der Tarifsysteme in 26 Ländern begrüßen. Erspart sie ihm doch bei etwa anzustellenden Untersuchungen das Zusammensuchen der Unterlagen aus der einschlägigen Literatur. Auch allen, die sich aus irgendwelchen Gründen über die Fernsprechtarifsysteme in verschiedenen Ländern unterrichten wollen, wird das mit Gründlichkeit und vielem Fleiß verfaßte Buch von Nutzen sein.

Karl Ehlers

DK 621.3(083.133.1)

DIN Normblatt-Verzeichnis, Herbst 1940. Herausg. vom Deutschen Normenausschuß. Mit 447 S. im Format A 5. Beuth-Vertrieb GmbH., Berlin 1940. Preis kart. 5 RM.

Das Normblattverzeichnis hat in der vorliegenden neuen Auflage einen wesentlich größeren Umfang erhalten. Dieses ist zum Teil auf die intensiven Normungsarbeiten zurückzuführen, die auch während des Krieges in unvermindertem Umfang fortgeführt wurden und ihr Ergebnis in einer großen Zahl neuer Normblätter gefunden haben. Andererseits wurden erstmalig außer den deutschen Normen und denen des ehemaligen Österreichischen Normenausschusses[1]) die Normen der Böhmisch-Mährischen Normungsgesellschaft (ČSN) mit in das Verzeichnis aufgenommen. Für den Elektrotechniker hat die Neuausgabe des Normblattverzeichnisses den weiteren großen Vorteil, daß erstmalig außer den deutschen, ostmärkischen und böhmisch-mährischen Normen der Elektrotechnik die VDE-Bestimmungen in dem Verzeichnis berücksichtigt wurden. Dadurch ergibt sich eine lückenlose Übersicht über alle in der Elektrotechnik zu beachtenden Ergebnisse der Gemeinschaftsarbeit auf diesem Gebiet. Der Stoff ist wie in den vorhergehenden Auflagen[2]) nach der international anerkannten Dezimalklassifikation unterteilt. Für den Elektrotechniker ist aber nicht nur der Abschnitt 621.3 zu beachten, sondern es finden sich auch in zahlreichen anderen Abschnitten wichtige Normenfestlegungen, die für die Elektrotechnik von Bedeutung sind. Durch entsprechende Hinweise ist das Auffinden dieser Abschnitte wesentlich erleichtert. Ein ausführliches Stichwort- und Nummernverzeichnis ermöglicht es, jede beliebige Norm schnell in dem Verzeichnis aufzufinden. Bei der großen Bedeutung, die der Normung im Rahmen der behördlichen Maßnahmen zur Leistungssteigerung zukommt, gehört das Verzeichnis nicht nur in die Hand eines jeden Betriebsführers, sondern es sollte auch allen denjenigen Stellen zugänglich sein, die bei ihrer täglichen Arbeit Normen anzuwenden haben.

Herm. Wagner VDE

EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten]

Bücher

Englisch-Deutsches und Deutsch-Englisches Wörterbuch der Chemie[3]). Nachtrag I und II. Von W. H. Thurow. Mit 120 und 85 S. im Format 125×176 mm. Verlag von Dr. Arthur Tetzlaff, Berlin-Zehlendorf 1940. Preis geh. 15 RM.

[1]) Vgl. ETZ 61 (1940) S. 1063.
[2]) Vgl. ETZ 59 (1938) S. 1396.
[3] S. ETZ 62 (1941) H. 23, S. 532.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Obering. Dipl.-Ing. P. Jacottet VDE, Berlin-Pichelsdorf, Am Südpark 8a

Obering. Dipl.-Ing. W. Kaufmann VDE, Berlin-Siemensstadt, Im Heidewinkel 10b

Prof. Dr. H. Norinder, Upsala/Schweden, Institut für Hochspannungsforschung der Universität

Abschluß des Heftes: 4. Juli 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 17. Juli 1941 | Heft 29

Aus der technischen Physik elektrischer Kontakte

Von R. Holm, Berlin

DK 537.311.4

Übersicht. In leicht faßlicher Weise werden einige Hauptergebnisse der Kontaktlehre geschildert.

Schalter, Relais, Klemmen, Mikrophone und Kommutatoren der elektrischen Maschinen sind alle durch Kontakte wirksam. In wachsendem Maße werden Kontakte in der Technik benutzt, und immer größere Forderungen werden an sie gestellt. So ist das Bedürfnis nach Kenntnis der physikalischen Grundlagen der Kontakterscheinungen wach und schließlich dringend geworden. Entsprechende Forschungen haben auch eingesetzt, besonders in den letzten 15 bis 20 Jahren. Eine Übersicht über das Gebiet wurde bisher nicht gegeben, erscheint aber demnächst in Buchform[1]). Im folgenden sollen einige allgemeinverständliche Hauptpunkte dieses neu herausgewachsenen Zweiges der technischen Physik zusammengestellt werden.

Kontaktwiderstände bei dünnen Zwischenschichten

Betrachten wir zuerst den Begriff Kontaktwiderstand. Schon die Benennung Übergangswiderstand, die man oft hört, deutet auf eine Unklarheit. Wenn sich zwei Kontaktglieder mit metallisch reinen Oberflächen berühren, so leistet nämlich die Berührungsfläche ebensowenig einen elektrischen Widerstand wie irgendeine Fläche im Innern der Glieder. Zum Widerstand gehört eine, wenn auch kleine, Ausdehnung in der Stromrichtung. Eine Fremdhaut im Kontakt dagegen kann und wird einen Widerstand besitzen. An festen Körpern kann man nur im Vakuum die Oberfläche frei von Fremdhäuten bekommen. Meistens muß der betreffende Stoff lange geglüht werden, um durch Verdampfung von den Fremdhäuten befreit zu werden, die sich in Luft ausbilden.

Nun sei ein Kontakt ohne Fremdhaut im Vakuum erzeugt worden, z. B. zwischen zwei mit ihren praktisch ebenen Basisflächen gegeneinander gedrückten Zylindern A_1 und A_2 (Bild 1). Wir lassen einen elektrischen Strom in A_1 ein- und durch A_2 weiterfließen, messen die erforderliche Spannung und berechnen den Widerstand. Dabei erhält man nicht einen solchen Widerstand, wie ihn ein zusammenhängender Zylinder ergeben würde, sondern tatsächlich den sogenannten Kontaktwiderstand. Allerdings zeigt eine nähere Untersuchung, daß dieser nicht in der Kontaktfläche sitzt, sondern darauf beruht, daß nur kleine Bruchteile der scheinbaren Berührungsfläche wirklich Kontakt haben. Durch die kleinen leitenden Stellen werden die Stromlinien zusammengedrängt, so wie es Bild 2 für eine solche Kontaktstelle, eine sogenannte a-Fläche, andeutet. Ist die a-Fläche ein Kreis vom Radius a, der im Verhältnis zum Zylinderquerschnitt sehr klein ist, so beträgt der durch die Stromenge bedingte Widerstand, der Engewiderstand, etwa $\varrho/2a\,\Omega$, wo ϱ in Ω cm der spezifische Widerstand des Kontaktstoffes ist. Legt man zwei Zylinder quer zueinander wie in Bild 3, so daß sie mit nicht zu kleiner Druckkraft oder Kontaktlast gegeneinander drücken, so bildet sich eine zusammenhängende kreisrunde Berührungsfläche. An solchen Kontakten ist die erwähnte Widerstandsformel auf 1,5 % genau experimentell bestätigt worden.

Das Gebiet, in dem die Stromlinien zusammengebogen werden, um die a-Flächen zu durchsetzen, heißt Stromengegebiet, und die Größe $\varrho/2a \cdot I$ mit I als Stromstärke heißt die Engespannung. Bei dem vorausgesetzten reinen Kontakt ist der ganze meßbare Kontaktwiderstand ein Engewiderstand. Wenn aber der Strom im Kontakt auch eine Fremdschicht durchqueren muß, so umfaßt der Kontaktwiderstand deren Hautwiderstand und außerdem den angeschlossenen Engewiderstand.

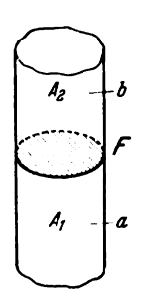


Bild 1. Zwei Zylinder A_1 und A_2 sind mit ihren Grundflächen F gegeneinander gedrückt.

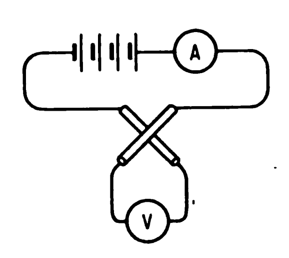


Bild 3. Schaltung für die Messung des Kontaktwiderstandes zwischen gekreuzten Stäben.

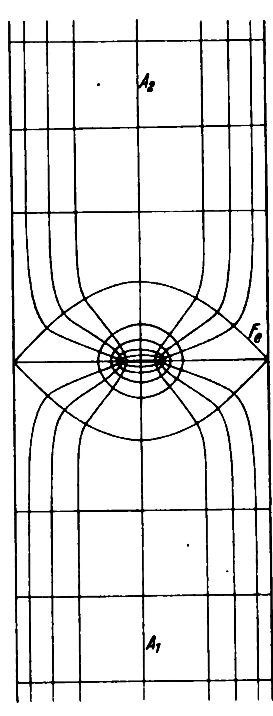


Bild 2. Stromlinien und Äquipotentialflächen in einem Engegebiet. Zwei Zylinder stehen wie in Bild 1 aufeinander und haben in der Mitte der scheinbaren Berührungsfläche eine leitende a-Fläche.

1) R. Holm, Die technische Physik der elektrischen Kontakte. Verlag Jul. Springer, Berlin 1941.

In Luft entstehen immer Fremdschichten auf den Metalloberflächen, seien es nun Oxyde oder Chloride oder vielleicht zuerst nur einmolekulare Sauerstoffschichten. Sie können da sein, ohne daß sie sichtbar sind; denn sichtbar werden sie erst bei Dicken von etwa 100 Å[2]). Einmolekulare Fremdschichten spielen eine gewisse Rolle ganz besonders dann, wenn sie aus Schmiermittelmolekülen bestehen. Bei einem geschmierten Kontakt in Ruhe wird nämlich die Schmiere bis auf eine dünne Haut weggequetscht. Die Haut hat das Verdienst, das Festfressen zu verhindern. Dank ihrer geringen Dicke können die einmolekularen Häute, ohne selbst aus leitendem Stoff zu sein, von Elektronen durchschossen werden. Man nennt diese Erscheinung Tunnel-Effekt. Durch den Tunnel-Effekt in aus der Luft sich absetzenden Molekularschichten erhält meistens der Engewiderstand einen so kleinen Zusatz, daß dieser praktisch vernachlässigbar ist. Darum nennen wir in Leitungshinsicht Kontakte mit solchen Häuten quasimetallisch. Vom Standpunkt des Praktikers können wir weiterhin die quasimetallischen Kontakte, was die Stromleitung anbelangt, als metallisch betrachten. Hinsichtlich des Haftens und der Reibung dagegen machen sich die Molekularhäute sehr bemerkbar; sie vermindern beträchtlich Haften, Reibung und Verschleiß, die alle an reinen Metalloberflächen groß sind.

Kontakte mit dickeren Fremdschichten

Nun richten wir unser Augenmerk auf Kontakte, die durch dickere, meistens schon sichtbare Fremdschichten gestört sind. Wenn 100 Å dicke oder dickere Oxyd- oder andere Schichten den Kontakt ganz bedecken, so stören sie die Leitung fast wie ein Isolator. Daß dicke Oxydkrusten isolieren, ist ja eine allgemeine Erfahrung, aber die dünneren Schichten dieser Art stören manchmal wenig, denn es gelingt ihnen nicht, sich unversehrt zu halten. Teils werden sie bei der Metallverformung unter der Kontaktlast verletzt, teils gefrittet.

Die Verformung unter der Kontaktlast ist eine wichtige Erscheinung; sie ist bestimmend für die wirkliche Kontaktfläche. Der Kontaktdruck p je cm² ist sehr groß[3]); meistens erreicht er in einem beträchtlichen Teil der wirklichen Berührungsfläche die sogenannte Fließgrenze der Metalle, die als Härte H bezeichnet wird. H liegt z. B. für weiches Kupfer bei 5 t/cm² und reicht für harten Stahl eine Zehnerpotenz höher. Nur schwer kann man einen Kontakt so gut einschleifen, daß der mittlere Druck in seiner Berührungsfläche unterhalb $H/10$ zu liegen kommt; häufig liegt der Kontaktdruck p bei Plattenkontakten etwa bei $p = H/2$. Eine Schätzung der Kontaktfläche F kann man darum mit Hilfe der Formel $P = H/2 \cdot F$ machen, wo P die Kontaktlast bedeutet. Ist z. B. $P = 1000$ g und $H = 5 \cdot 10^6$ g/cm², so ist $F = 4 \cdot 10^{-4}$ cm², und zwar weitgehend unabhängig von der Größe der scheinbaren Berührungsfläche und von der Rauhigkeit der Fläche. Die Welligkeit ist nämlich fast immer ausreichend, um den tragenden Kontakt, wie geschildert, an einzelne Stellen zu lokalisieren.

Bei den oben erwähnten Kreuzdrahtversuchen von Bild 3 bilden sich bleibende Eindrücke in den Drähten genau so wie bei der Kugelhärteprobe. In der Eindrucksfläche F eines solchen Kontaktes ist überall $p = H$ und also $P = HF$.

Wo nun der Druck p die Grenze H zu übersteigen anfängt, da fließt das Metall mehr oder weniger auseinander, bis die Berührungsfläche groß genug wird, um die Last zu tragen. Bei diesem Fließen bilden sich Risse in den Oberflächenschichten, und es entstehen (quasi-)metallische Berührungsstellen.

Außer dieser Art des Leitens eines hautbedeckten Kontaktes wurde die F r i t t u n g genannt; sie bedeutet eine Art Durchschlag. Wenn die Feldstärke in der schlecht leitenden Haut genügend hoch wird, so erhöht sie dort die Leitfähigkeit. Der Strom erwärmt seine Bahn und konzentriert sie auf eine enge Stelle, an der schließlich das Gefüge des Nichtleiters zerstört wird und aus dem Elektrodenmetall sich eine leitende Brücke aufbaut. Diese wird gerade so groß, daß sie den Strom, ohne infolge hoher Temperatur zu erweichen, tragen kann, was sich darin zeigt, daß sie eine bestimmte Spannung, die sogenannte Schlußfrittspannung, in einmetallischen Kontakten rund 0,5 V, verschieden je nach dem Metall, annimmt (vgl. unten). Sehen kann man diese Brücken nicht; dazu sind sie zu klein. Der geschilderte Vorgang, der sich vor allen Dingen durch den Abfall der Kontaktspannung auf die Schlußfrittspannung kundgibt, ist die Frittung. Durch sie wirken die Kohärer oder Fritter, die vor etwa 30 Jahren in der Funkentelegraphie üblich waren. Wenn der Strom stark werden kann, so entwickelt sich der Vorgang zu einem Durchschlag mit sichtbarer Zerstörung der Fremdschicht.

Eine bekannte Erscheinung, die auf dem Fritten beruht, ist die Kontaktspannung von etwa 1,5 V zwischen Kohlebürste und Kommutator an elektrischen Maschinen. Diese Kontaktspannung liegt nur wenig höher als die Schlußfrittspannung zwischen Kupfer und Kohle. Die bekannte Brünierungsschicht auf dem Kommutator ist an und für sich nicht leitend und zeigt auch bei erstmaligem Belasten mit kleinen Spannungen große Widerstände. Bei normalem Lauf wird sie aber an vielen Stellen gefrittet, d. h. sie wird mit kleinen Metallbrücken durchsetzt, die gerade die Schlußfrittspannung ergeben würden, wenn sie in dem Zustand unmittelbar nach der Ausbildung bleiben würden. Das tun sie aber nicht; teils werden sie verletzt, teils bilden sich auf ihren freien Enden störende Fremdschichten durch den Einfluß der Luft, so daß sich kleine Zusatzspannungen zu der Schlußfrittspannung addieren.

Wir betrachteten bereits den Zusammenhang zwischen der Engespannung einer Frittbrücke, der sogenannten Schlußfrittspannung, und der Temperatur der Brückenmitte. Überhaupt besteht eine eindeutige und verhältnismäßig einfache Beziehung zwischen einer Engespannung und der Temperatur in der heißesten Fläche, also bei symmetrischen Kontakten in der Kontaktfläche. Zur Ableitung einer Annäherung veranschaulicht Bild 4 zwei

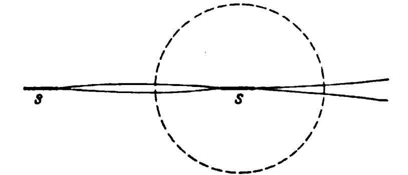


Bild 4. Veranschaulichung der Symmetrie an einer a-Fläche.

Berührungsflächen s (a-Flächen), bei denen die Kontaktglieder sich an hervorragenden Stellen treffen. Innerhalb des gestrichelt umrandeten Gebietes um die eine Berührungsfläche herum herrscht große Symmetrie, und in dem angrenzenden Kontaktspalt stehen sich gleich warme Punkte beider Glieder gegenüber, so daß keine Wärme quer über den Kontaktspalt fließt. Infolgedessen laufen der elektrische Strom und der Wärmestrom in denselben Bahnen. Die Formeln für die betreffenden Widerstände R und W müssen also ähnlich sein, nur daß in den einen die spezifische elektrische Leitfähigkeit, in den anderen die Wärmeleitfähigkeit eingeht. Ein Unterschied besteht darin, daß der elektrische Strom durch beide Kontaktglieder hintereinander fließt, während für den Wärmestrom beide sozusagen parallelgeschaltet sind. Dazu kommt, daß die Wärme im allgemeinen nur Teile der Strombahn durchfließt, weil sie überall in deren Gebiet erzeugt wird. Daher ergibt sich der Zusammenhang:

$$W = \frac{1}{8} \cdot \frac{R}{\varrho \lambda}, \qquad (1)$$

wenn ϱ in Ω cm den spezifischen elektrischen Widerstand und λ in W cm⁻¹ · grd⁻¹ die Wärmeleitfähigkeit des Kon-

---

2) 1 Å = 10^{-8} cm.
3) Mit Druck p ist im folgenden stets die Druckkraft je cm² bezeichnet.

taktmetalles bedeuten. Nun wird der ganze Wärmestrom der entwickelten Jouleschen Wärme gleich $R I^2$ von einer wärmemotorischen Kraft getrieben, als deren Maß die Übertemperatur Θ der heißesten Stelle, d. h. der Kontaktstelle, gilt. Infolgedessen ist

$$R I^2 = \frac{\Theta}{W} \tag{2}$$

oder laut Gl. (1), da $R I = U$ die Kontaktspannung oder hier Engespannung ist:

$$\Theta = \frac{U^2}{8 \varrho \lambda}. \tag{3}$$

Gl. (3) drückt die erwähnte Temperatur-Spannungsbeziehung für den Fall aus, daß ϱ und λ konstant sind. Die vollständige Gleichung sieht folgendermaßen aus:

$$\int_{\vartheta_0}^{\vartheta_0 + \theta} \varrho \lambda \, d \vartheta = \frac{U^2}{8}, \tag{4}$$

wobei ϑ_0 die Temperatur in vom Kontakt entfernten Stellen der Kontaktglieder bedeutet. Es ist klar, daß die lasttragenden Kontaktstellen fest bleiben müssen, also nicht höhere Temperaturen als die Schmelztemperatur annehmen dürfen. Aus Gl. (4) berechnet sich die zugehörige Schmelzspannung; ein wenig tiefer als sie liegt die erwähnte mittlere Schlußfrittspannung.

Die Gl. (4) ist von großem Wert, wenn man die Belastbarkeit eines Kontaktes berechnen will. Das Maßgebende für die Belastbarkeit ist nämlich die Übertemperatur Θ in dem Kontakt, wenn der sonstige Kreis ohne merkliche Erwärmung den Strom verträgt. Hat man Θ (z. B. aus Festigkeitsgründen etwas unterhalb der Entfestigungstemperatur gewählt, so ergibt Gl. (4) die maximal zulässige Kontaktspannung U. Die Stromstärke, für die man sich einrichten will, sei I. Dann ist der Kontaktwiderstand $R = U/I$. Das ist aber nicht der Widerstand bei Zimmertemperatur. Bezeichnen wir diesen mit R_z, so gilt annähernd:

$$R = R_z \left(1 + \frac{2}{3} \alpha \Theta\right), \tag{5}$$

wenn α den Temperaturkoeffizienten des spezifischen Widerstandes, auf die Zimmertemperatur bezogen, bedeutet. Wir sind also, ausgehend von den vorgeschriebenen Werten für Θ und I, zu einer Bestimmung von R_z gelangt und nun heißt es schließlich, den Kontakt so einzurichten, daß R_z sein Widerstand wird. Dies geschieht durch Einstellen einer passenden Kontaktlast P, bei deren Wahl die Sauberkeit der Oberfläche, aber wenig deren Form, zu berücksichtigen ist. Bild 5 erleichtert die Wahl von P; man sieht ausgezogene Kurven teils für metallisch reine Plattenkontakte im Vakuum, teils für ebensolche Stabkontakte, gemäß Bild 3 geschaltet. An diese theoretisch interessanten Kurven dürfen wir uns aber betreffend der Kontakte in Luft nicht halten, sondern wir gehen zu den gestrichelten Kurven im Bild 5 über. Zu jeder ausgezogenen Kurve ist nämlich eine gestrichelte zugeordnet (die Schattierung deutet den Zusammenhang an), die die Beziehung zwischen P und R_z für praktisch reine Kontakte in Luft angibt. Sichtbar oxydierte Kontakte haben ihre Kurven noch weiter nach oben verschoben. Der wesentliche Unterschied der Kurven für Platten und Stäbe liegt darin, daß die scheinbare Berührungsfläche unter den Platten im Verhältnis zur wirklichen Berührungsfläche sehr groß ist, während an den Stäben beide ungefähr gleich sind. Zwischenfälle sind zu interpolieren. Nun ist es klar, wie man zu verfahren hat: Für den ausgerechneten Wert von R_z liest man das gesuchte P aus dem Diagramm ab.

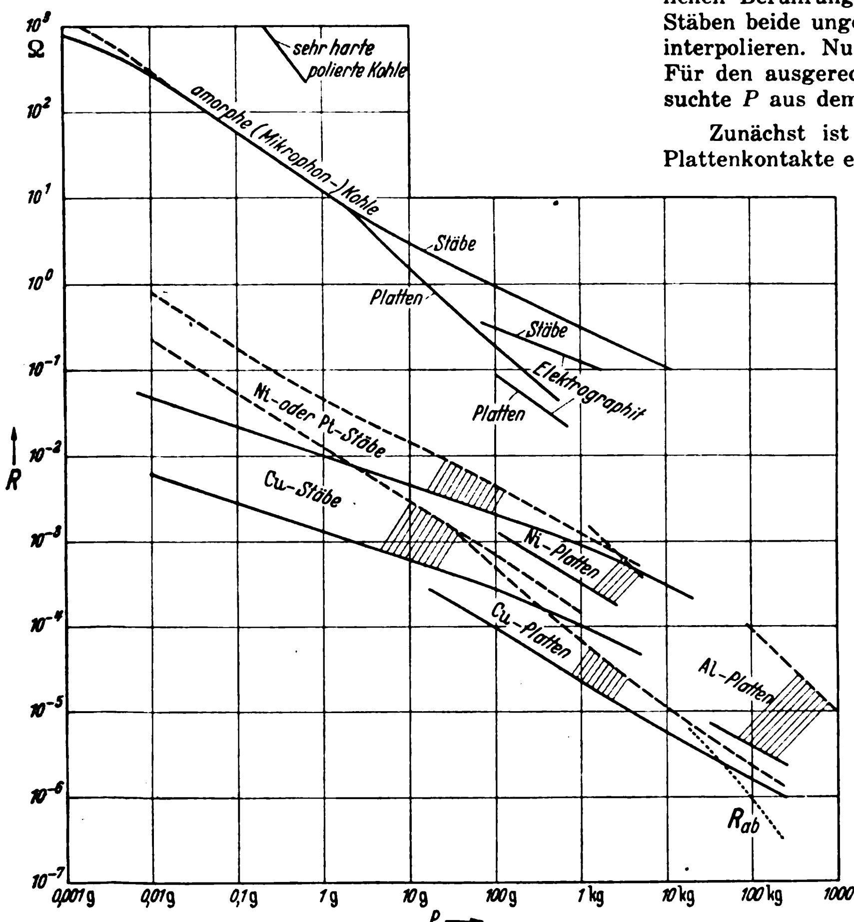


Bild 5. Kontaktwiderstände R in Abhängigkeit von der Kontaktlast P. Ausgezogene Kurven für Metalle gehören zu rein metallischen Kontakten. Durch eine erste reinmolekulare Fremdschicht werden die Widerstände bis auf die zugeordnete (durch Schattierung verbundene) gestrichelte Kurve gehoben. Die Messungen zu den Kohlekurven wurden hauptsächlich in Luft gemacht, gelten aber auch für Vakuum, abgesehen von dem gestrichelten Teil.

Zunächst ist es erstaunlich, daß es überhaupt für Plattenkontakte einheitliche Kurven gibt, denn man würde wohl meinen, daß je nach der Ebenheit ein anderer Zusammenhang zwischen P und R_z herauskommen müßte. Die Einheitlichkeit hängt mit der schon behandelten Beziehung $P \approx H/2 \cdot F$ zusammen, wonach die Größe der wirklichen Berührungsfläche bei gegebener Härte H fast eindeutig von der Kontaktlast P bestimmt wird. Hiermit hängt übrigens die Coulombsche Regel für die feste Reibung zusammen. Die Reibungskraft P_r ist tatsächlich bei gegebener Oberflächenbeschaffenheit proportional zu der wirklichen Berührungsfläche. Da aber diese ihrerseits annähernd proportional zur Kontaktlast P und unabhängig von der scheinbaren Berührungsfläche ist, so wird der Quotient $P_r/P = \mu$ annähernd eine Konstante, wie es die Coulombsche Regel aussagt.

Bewegliche Kontakte

Die beweglichen Kontakte bezeichnen wir je nach ihrer Art als schleifende oder abhebende. Im anliegenden Kontaktzustand leiten sie in derselben Weise wie die ruhenden Kontakte; ihnen ist aber der Verschleiß als eine bei ruhenden Kontakten fort-

fallende Erscheinung eigen. Der Verschleiß ist teils mechanisch, teils elektrisch bedingt.

Wir betrachten zuerst einen schleifenden Kontakt, der dauernd anliegt, und zwar besonders den Kontakt zwischen einer Kohlebürste und einem Kupferring oder Kommutator. Der Kupferring bzw. der Kommutator bedeckt sich in Luft teils mit einer sichtbaren, an und für sich schlecht leitenden Schicht, der sogenannten Brünierungsschicht, teils vermutlich auf dieser mit einer dünnen, etwas fettartigen Schicht. Diese wirkt schmierend und bedeutend vermindernd auf den Verschleiß; sie scheint durch den Strom polarisiert zu werden, und je nach der Polarisationsrichtung verträgt sie verschieden gut die Beanspruchung durch die Reibung. Bei der einen Stromrichtung vergrößert sich, bei der anderen vermindert sich der mechanische Verschleiß. Eine Elektrographitbürste verschleißt mehr, wenn sie negativ ist, eine Kupfergraphitbürste mehr, wenn sie positiv ist. Der Unterschied hängt wohl damit zusammen, daß die beiden Bürstensorten verschiedenartige Brünierungsschichten erzeugen. Nähere Untersuchungen darüber fehlen noch. Wie die Brünierungsschicht durch den elektrischen Strom leitend gemacht wird, wurde bereits weiter oben angedeutet.

Eine andere Art Verschleiß ist dem schleifenden und abhebenden Kontakt gemeinsam, nämlich die Stoffwanderung im Lichtbogen, die sogenannte Grobwanderung. Vorausgesetzt, daß Strom und Spannung gewisse Mindestgrenzen übersteigen, zieht jede Kontaktabhebung und jeder Sprung des Gleiters einen Lichtbogen, der namentlich Kathodenstoff zum Verdampfen bringt. Die verdampfende Menge D ist proportional zu der im Kathodenfallgebiet des Bogens während seiner Lebensdauer entwickelten Energie $U_0\,q$, wo U_0 den Kathodenfall und q die durch den Bogen geflossene Elektrizitätsmenge bedeuten. Nun ist U_0 für jedes Metall und jede Atmosphäre eine Konstante, so daß schließlich gilt: $D = g\,q$, wo g eine Stoffkonstante ist. Ein Teil des verdampfenden Metalles setzt sich immer wieder auf den Elektroden ab, und der tatsächliche Stoffverlust G wird kleiner als D. Der Stoffverlust der am meisten verlierenden Elektrode ist auch recht gut proportional zu q, genügt also einer Gleichung $G = \gamma\,q$, wo γ eine Stoffkonstante bedeutet, die etwas kleiner als das betreffende g ist. Die Elektrizitätsmenge q muß man entweder aus Oszillogrammen ermitteln oder berechnen. Für einige Schaltungen sind Formeln zum Berechnen von q angegeben. Mißt man q in C und G in 10^{-6} cm³, so wird bei in Luft ausschaltenden Kontakten für den

Kontaktstoff	C	Ag	W	Pt und PtIr
γ	6	0,3	0,04	1

Die niedrigen Werte für Ag und W beruhen auf einem günstigen Eingreifen des Sauerstoffes der Luft. In Wasserstoffatmosphäre haben alle Metalle einen Wert für γ von der Größenordnung 1 bis 4.

Das eben erwähnte Verdampfen des Kathodenstoffes im Lichtbogen beansprucht ein besonderes physikalisches Interesse insofern, als es nicht einfach eine Folge der hohen Kathodentemperatur ist; es ist sogar weitgehend von dieser Temperatur unabhängig. Man nennt den Vorgang auch Kathodenzerstäubung, um in Übereinstimmung mit dem sonstigen Gebrauch dieses Wortes anzudeuten, daß es sich um eine unmittelbare, nicht durch Temperaturbildung vermittelte Folgeerscheinung des Ionenbombardements handelt.

Die durch den Lichtbogen bedingte Abnutzung vermeidet man, wenn man die Bogenzündung unterdrückt. Dies kann geschehen, indem der Kontaktstrom im Schaltaugenblick unter einer gewissen Mindestgrenze (in Luft 0,2 bis 1 A je nach dem Metall; im Hochvakuum z. B. 30 A) oder die Spannung unter ihrer für den Bogen maßgebenden Mindestgrenze (Größenordnung 10 bis 20 V je nach dem Kontaktmetall) gehalten wird. Häufig verwendet man einen sogenannten Löschkreis, um den Ausschaltbogen zu vermeiden bzw. klein zu halten. Ein Beispiel dafür zeigt Bild 6. Die Kapazität C schluckt ganz oder jedenfalls hauptsächlich den Strom im Schaltaugenblick; wenn der Bogen dennoch zündet, wird er durch C so labil gemacht, daß er frühzeitig erlischt. Der Widerstand r vor C ist erforderlich, damit der Entladestrom aus C beim Zusammengehen des Kontaktes nicht zu kräftig wird und den Kontakt angreift. Dabei wirkt der Löschkreis besser, wenn r in der durch das Bild 6 veranschaulichten Lage geschaltet ist, und schlechter, wenn r in die Stellung a gebracht wird, ohne daß die Kurzschlußstromstärke durch die Umschaltung geändert wird.

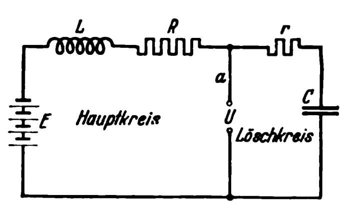
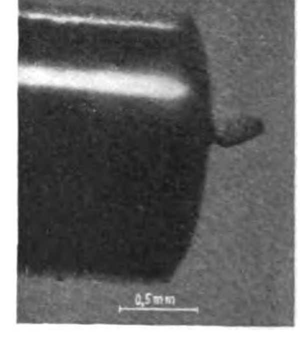


Bild 6. Induktiver Schalterkreis mit kapazitivem Löschkreis.

Wenn der Bogen ganz vermieden und der rein mechanische Verschleiß vernachlässigbar ist, so gibt es aber in dem Kontakt immer noch eine elektrisch bedingte Stoffwandernug. Das ist die sogenannte Feinwanderung. Wegen ihrer volumenmäßigen Kleinheit hat sie diese Benennung, kann aber recht störend werden, wenn sie auf dem einen Kontaktglied die Form eines Stiftes und auf dem anderen die Form des entsprechenden Loches annimmt. Stift und Loch können nämlich ineinander verhaken und das Schalten vereiteln. Bild 7 zeigt zwei solche Stifte, und zwar stark vergrößert, denn in Wirklichkeit betrugen sie nach 10^7 Schaltungen noch nicht einmal $^1/_{50}$ mm³.

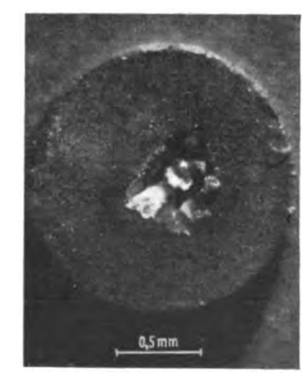
Platin-Iridium

Anode

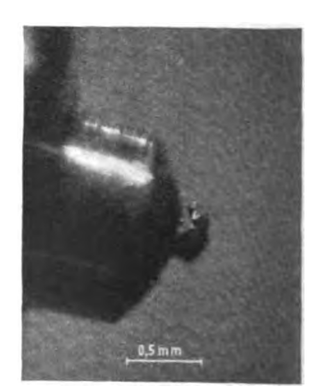


Kathode

Platin



Anode



Kathode

Bild 7. Spitzenbildung bei viel betätigten Edelmetallkontakten durch Feinwanderung.

Die physikalischen Einzelheiten der Feinwanderung und Stiftbildung kennen wir noch nicht mit Sicherheit. Einige Verfahren, um die Stiftbildung zu vermeiden, kann man jedoch angeben. Ein Stift wächst nur dann weiter, wenn er selber im zusammengehenden Kontakt die erste bzw. im auseinandergehenden die letzte leitende Berührungsstelle gibt. Das beste Verfahren zum Vermeiden der Stifte ist also das Verwenden von mäßig unedlem Kontaktmetall, so daß entstehende Stifte infolge ihrer Erwärmung durch den Strom oxydiert werden. Bei jeder Kontaktgebung verschiebt sich dann die bestleitende Berührungsstelle gegen vorher, und die Wanderung verbreitet sich auf eine größere Fläche. Dabei genügt es, wenn die Anode, von der die Feinwanderung immer ausgeht, oxydierbar ist, und es ist vorteilhaft für die allgemeine Leitfähigkeit des Kontaktes, die ja nicht zu sehr gestört werden darf, daß die Kathode aus einem edlen Metall, z. B. Ag, besteht.

Auswahl der Kontaktwerkstoffe

Oberflächenatome in den Kontaktstellen werden beim Schalten gestört. Hierdurch verstärkt sich die Oxydationsneigung des Metalles. Unedle Kontakte werden darum leicht isolierend und unbrauchbar. Wenn aber ein unedles Metall gegen ein edles wie in dem vorher behandelten Beispiel arbeitet, so ist die Oxydationsneigung oft etwas gemildert. Immerhin muß die unedle Anode aus einem sozusagen mäßig unedlen Metall, z. B. aus Nickel, gewählt werden.

Wenn es sich vor allem darum handelt, daß der Kontakt möglichst gut und widerstandsfrei schließen soll, ohne daß man auf die Stoffwanderung achten muß, weil selten geschaltet wird, dann kommen nur Edelmetalle in Betracht, am besten Gold, namentlich wenn eine niedrige Spannung benutzt wird. Nur muß man eventuell auf das Kleben oder Haften des Kontaktes achten. Kohlekontakte haben zwei Vorteile: sie bilden keine Fremdschichten aus Oxyd oder dgl., wenn die Kohle rein ist, und sie haften nicht. Die Stoffwanderung der Kohle ist an und für sich nicht groß; statt dessen verbrennt aber die Kohle in Luft infolge der Kontakthitze.

Haften und Verschleiß der Kontakte

Die Neigung der Kontakte zum Haften ist ein technisches Übel, auf das der Konstrukteur achten muß. Außer dem Haften infolge klebriger Oberflächenschichten gibt es das Haften reiner Metalloberflächen, das bisher nicht recht erkannt war. Wenn ganz reine Metalloberflächen im Vakuum in Berührung gebracht werden, so geraten dort die Atome einander so nahe wie im soliden Metall und binden sich (jedenfalls bei kubisch kristallisierenden Metallen) aneinander ebenso fest. Darum haften reine Kontakte. Allerdings merkt man davon bei kleiner Kontaktlast wenig, weil die wirklichen Berührungsflächen klein sind. Nur bei empfindlichen Geräten muß darauf geachtet werden.

Wird ein haftender Kontakt wieder gelöst, so liegt der Riß nicht immer in der vorher gebildeten Berührungsfläche, sondern oft etwas in das eine oder andere Kontaktglied verschoben, nämlich zu schwächeren Stellen des Gefüges. Solche sind häufig vorhanden oder entstehen infolge des Kontaktdruckes. Jedes Abheben ist demzufolge mit einem gewissen Verschleiß verbunden. Gleiten die Kontakte aufeinander, so entspricht dies einem häufig wiederholten Anlegen und Abheben, wozu Verhakungen kommen können, so daß der Verschleiß nun groß wird. Fremdschichten, vor allen Dingen natürlich die schmierenden, vermindern bzw. verhindern die Abnutzung.

Um die Metalloberflächen absichtlich zu verschweißen, brauchen sie nicht erwärmt zu werden, wenn sie ganz rein sind; aber die im kalten Zustand erzeugten Berührungsflächen sind sehr klein. Daher erwärmt man das Metall, um es weich zu machen, damit die Berührungsfläche noch bei mäßiger Kontaktlast groß genug wird. Außerdem sollen durch das Erwärmen die Fremdschichten aus der Schweißfläche entfernt werden. Denkt man an das Punktschweißverfahren, bei dem die Stromwärme im Metall dieses auf die hohe Temperatur bringt, so besorgt da die Hitze, daß die Fremdschichten koagulieren, d. h. sich zu Klumpen sammeln und somit die zu verschweißende Metalloberfläche größtenteils freilegen.

Zusammenfassung

Der sogenannte Kontaktwiderstand setzt sich zusammen aus einem Engewiderstand als Folge der Zusammenschnürung der Stromlinien durch die kleine leitende Kontaktfläche und einem Hautwiderstand der eventuell im Kontakt vorhandenen Fremdschicht. Dickere, an sich isolierende Fremdschichten werden durch Risse bzw. durch Frittbrücken leitend. Die Kontakttemperatur gibt sich in der Kontaktspannung kund. Die Abnutzung der Kontaktglieder durch Reibung bzw. durch Stoffverdampfung beim Schalten wird geschildert und erklärt.

Wärmeleitung in der Umgebung einer Kontaktstelle

Von G. Poppović VDE, Berlin

DK 621.3.017.42 + .7 : 537.311.4

Übersicht. Die zeitliche und räumliche Temperaturverteilung in der Nähe einer Kontaktstelle zweier unendlich langer, stromdurchflossener Drähte wird betrachtet. Als Quelle für den Wärmestrom sollen lediglich die Verluste $I^2 R_ü$ an der Übergangsstelle in Betracht gezogen werden. Quellfläche ist die als Ebene gedachte Übergangsfläche, in der die Verluste gleichmäßig verteilt angenommen werden. Für den Fall, daß die äußere Wärmeleitfähigkeit an der Mantelfläche der Drähte vernachlässigt werden kann, haben Hobson und Dieselhorst die Lösung des Problems angegeben. Durch eine einfache Transformation kann bekanntlich die allgemeine Wärmegleichung auf die besondere Form ohne Kühlung gebracht werden. Nachstehend werden die Formeln für das vorliegende allgemeine Problem mit äußerer Wärmeleitfähigkeit berechnet und für ein Zahlenbeispiel durch graphische Integration ausgewertet. Das Ergebnis ist in Kurvenform dargestellt.

Problemstellung

Zwei gleichartige nach $+x$ bzw. $-x$ unendlich ausgedehnte Drahtstücke vom Querschnitt F sollen in der Ebene $x = 0$ als Kontaktstelle derart zusammenstoßen, daß dort ein elektrischer Übergangswiderstand $R_ü$ auftritt. $R_ü$ sowie die spezifischen Werkstoffkonstanten, nämlich c als spezifische Wärme in Ws/cm³ °C, λ als innere Wärmeleitfähigkeit in W/cm °C und μ als äußere Wärmeleitfähigkeit in W/cm² °C (Wärmeübergangszahl), sollen konstant, d. h. unabhängig von der Temperatur ϑ sein. Durch die Anordnung fließe ein elektrischer Strom i, dessen Joulesche Verluste $\left(\frac{i^2}{F^2}\varrho\right)$ gegenüber den Verlusten an der Übergangsstelle ($i^2 R_ü$) vernachlässigt werden mögen. Gesucht ist die zeitliche und räumliche Temperaturverteilung $\vartheta(x, t)$, wobei die Aufgabe bei kleinem Querschnitt des Drahtes als eindimensionales Problem aufgefaßt werden kann. Ferner ist ohne weiteres klar, daß die Temperaturverteilung symmetrisch zur Übergangsstelle $x = 0$ sein muß, so daß man sich weiterhin unter sinngemäßer Fassung der Randbedingungen auf ein Drahtstück, z. B. für $x \geq 0$, beschränken kann.

Als Anfangsbedingung werde festgelegt, daß der Draht zur Zeit $t = 0$ überall die Temperatur $\vartheta_0 = 0$ der umgebenden Luft haben möge. Für $t > 0$ tritt an der Mantelfläche ein Temperatursprung von der Temperatur des Drahtes auf die konstant angenommene Temperatur der Umgebung auf, dessen Größe also von der Koordinate x abhängt. Dies wird durch das letzte Glied der nachstehend aufgestellten Differentialgleichung berücksichtigt.

Rechnerische Lösung mit Transformation

Setzt man $\mu = 0$, d. h. stellt man sich den Draht an der Mantelfläche wärmeisoliert vor, so vereinfacht sich das Problem ganz wesentlich. Nachstehend soll jedoch die allgemeine Lösung angegeben werden, die mittels einer bekannten Transformation $v = \mathrm{e}^{\varkappa^2 t}\,\vartheta$ abgeleitet wurde. Für konstanten Gleichstrom kann die Lösung mit Berücksichtigen der äußeren Wärmeleitfähigkeit μ aus jener gewonnen werden, die sich ohne Berücksichtigung der äußeren Wärmeleitfähigkeit ($\mu = 0$), aber für einen nach einem bestimmten Gesetz exponentiell ansteigenden Strom ergeben würde. Ganz allgemein geht die Lösung für v in jene über, die für ϑ mit $\mu = 0$ gewonnen würde, wenn das zeitliche Gesetz für den elektrischen Strom entsprechend der Transformation um den Faktor $\mathrm{e}^{\frac{\varkappa^2}{2} t}$ geändert wird. Mathematisch ergibt das vorliegende Problem folgende Differentialgleichung:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = k^2 \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} - \varkappa^2 \vartheta ,$$

wobei $k^2 = \lambda / c$ und $\varkappa^2 = \mu\, s / c F$ zu setzen ist (s Umfang des Drahtes) mit der Anfangsbedingung

$$t = 0 \ldots \vartheta = 0 \text{ für alle } x$$

und den Randbedingungen

$$\left.\begin{array}{l} x = 0 \ldots \dfrac{\partial \vartheta}{\partial x} = -\dfrac{I^2 R_{ü}}{2 \lambda F} = \text{konst.} \\ x = \infty \ldots \vartheta = 0 \end{array}\right\} \text{ für alle } t .$$

Dabei ist zunächst an den Gleichstrom $I = \text{konst.}$ gedacht. Die nachstehenden Betrachtungen können aber ohne weiteres auf einen beliebigen Strom $i = i(t)$ ausgedehnt werden.

Durch die Transformation $\vartheta = \mathrm{e}^{-\varkappa^2 t} v$ ergibt sich, wie man durch einfache Differentiation leicht nachweist:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = k^2 \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} .$$

Die neue Veränderliche v ist ebenso wie ϑ eine Funktion von x und t. Für v ergibt sich die gleiche Differentialgleichung wie für den Fall ohne äußere Wärmeleitfähigkeit, wenn also $\mu = 0$ und damit $\varkappa = 0$ gesetzt würde. Allerdings ändert sich für v die eine Randbedingung, während die zweite Randbedingung und die Anfangsbedingung erhalten bleiben. Dann gilt:

$$x = 0 \ldots \frac{\partial v}{\partial x} = -\frac{I^2 R_{ü}}{2 \lambda F} \mathrm{e}^{\varkappa^2 t} ,$$

also eine Funktion von t. Da I in der Formel quadratisch vorkommt, so ist die Berechnung der Größe $v(x, t)$ auf den vereinfachten Fall mit $\mu = 0$ zurückgeführt, wenn dort an Stelle des konstanten Gleichstromes ein ansteigender Strom $I\, \mathrm{e}^{\frac{\varkappa^2}{2} t}$ fließen würde. Wendet man für einen derartigen Stromverlauf die Formel nach Hobson und Dieselhorst an, so ergibt sich als Lösung[1]):

$$v(x, t) = \frac{I^2 R_{ü}}{2 F \sqrt{\pi \lambda c}} \int_0^t \frac{\mathrm{e}^{-\frac{x^2}{4 k^2 (t - \tau)}}}{\sqrt{t - \tau}}\, \mathrm{e}^{\varkappa^2 \tau}\, \mathrm{d}\tau$$

[1]) A. Avramescu, Beiträge zur Berechnung der Kurzschlußerwärmung. Dissertation T. H. Dresden (1937). — E. W. Hobson u. H. Dieselhorst, Wärmeleitung. Enzykl. math. Wiss. V, 1 (1905) S. 163.

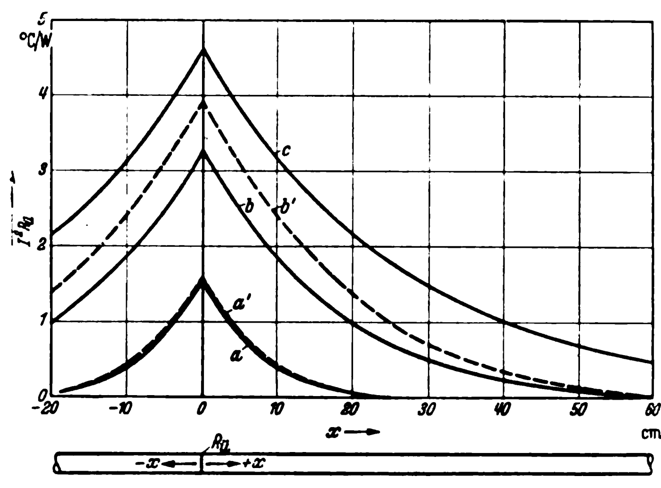
und daraus gemäß Transformationsgleichung:

$$\vartheta(x, t) = \frac{I^2 R_{ü}\, \mathrm{e}^{-\varkappa^2 t}}{2 F \sqrt{\pi \lambda c}} \int_0^t \frac{\mathrm{e}^{-\frac{x^2}{4 k^2 (t - \tau)}}}{\sqrt{t - \tau}}\, \mathrm{e}^{\varkappa^2 \tau}\, \mathrm{d}\tau$$

$$= \frac{I^2 R_{ü}}{2 F \sqrt{\pi \lambda c}} \int_0^t \frac{\mathrm{e}^{-\frac{4 \varkappa^2 k^2 (t - \tau)^2 + x^2}{4 k^2 (t - \tau)}}}{\sqrt{t - \tau}}\, \mathrm{d}\tau .$$

Für die zeitliche Temperaturverteilung an der Kontaktstelle selbst findet man daher:

$$\vartheta(0, t) = \frac{I^2 R_{ü}}{2 F \sqrt{\pi \lambda c}} \int_0^t \frac{\mathrm{e}^{-\varkappa^2 (t - \tau)}}{\sqrt{t - \tau}}\, \mathrm{d}\tau .$$

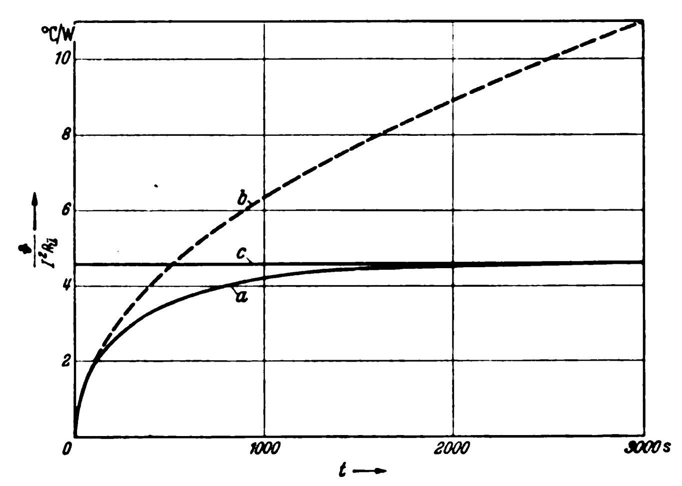


——— mit Berücksichtigen der Abkühlung an der Mantelfläche der Drähte, $\mu \neq 0$

– – – – ohne Berücksichtigen der Abkühlung an der Mantelfläche der Drähte, $\mu = 0$

Kurve a, a' Temperaturverteilung zur Zeit $t = 64$ s
„ b, b' „ „ „ $t = 384$ s
„ c „ „ „ $t \to \infty$

Bild 1. Temperaturverteilung an einer Kontaktstelle von zwei beiderseits unendlich ausgedehnten Leitungsdrähten unter Einfluß der durch den Übergangswiderstand $R_{ü}$ verbrauchten elektrischen Arbeit $I^2 R_{ü}$ in Abhängigkeit der Entfernung.



——— mit Berücksichtigen der Abkühlung an der Mantelfläche der Drähte, $\mu \neq 0$

– – – – ohne Berücksichtigen der Abkühlung an der Mantelfläche der Drähte, $\mu = 0$

Kurve a Temperaturverlauf an der Kontaktstelle $x = 0$, $\mu \neq 0$
„ b „ „ „ „ $x = 0$, $\mu = 0$
„ c Höchstwert der Temperatur für $t \to \infty$

Bild 2. Temperaturverlauf an der Kontaktstelle selbst in Abhängigkeit von der Zeit.

Graphische Lösung und ihre Diskussion

Leider können die vorliegenden Quadraturen nicht geschlossen durchgeführt werden. Deshalb wurde für ein Beispiel die Ermittlung einiger Temperaturkurven (Bild 1 und 2) durch graphische Integration durchgeführt. Dabei entspricht jedem Punkt der gezeichneten Kurve eine eigene Planimetrierung, welche mit einem Polarplanimeter ausgeführt wurde. Zum Vergleich wurden auch die Temperaturkurven für $\mu = 0$ eingezeichnet.

Für große Zeiten geht die örtliche Abhängigkeit der Temperatur, wie es sein muß, über in:

$$\vartheta = \frac{I^2 R_{ü}}{2 F \sqrt{\pi \lambda c}} \frac{\sqrt{\pi}}{\varkappa} e^{-\varepsilon x} \text{ mit } \varepsilon^2 = \frac{\mu s}{\lambda F} .$$

Für das durchgerechnete Beispiel wurden Kontakte aus Kupfer angenommen mit folgenden Abmessungen und Materialkonstanten: Drahtdurchmesser $d = 1$ cm, $s/F = 4$ (s Drahtumfang, F Drahtquerschnitt), innere Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 3{,}6$ W/cm °C, äußere Wärmeleitfähigkeit $\mu = 1{,}33 \cdot 10^{-3}$ W/cm² °C, spezifische Wärme $c = 3{,}59$ Ws/cm³ °C; daraus ergibt sich $\varkappa^2 = \mu s / c F = 0{,}00148$ und $2 F \sqrt{\pi \lambda c} = 10$. Als Ordinate ist $\vartheta / I^2 R_{ü}$, also die Temperatur je W Verluste an der Kontaktstelle, aufgetragen.

Zum Schluß sei noch ein willkürlich gewählter besonderer Fall erwähnt, der besonders einfache Ergebnisse liefert. Wählt man nämlich $i(t) = I^{-\frac{k^2}{2} t}$, also einen mit der Zeitkonstanten $\frac{2 c F}{\mu s}$ abfallenden Strom, so wird:

$$\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)_{x=0} = -\frac{I^2 R_{ü}}{2 \lambda F}$$

und man erhält für v unter Berücksichtigen der Kühlung an der Mantelfläche genau dieselbe Formel wie für ϑ für Gleichstrom mit $\mu = 0$. An der Kontaktstelle erhält man z. B.:

$$v(0, t) = \frac{I^2 R_{ü}}{F \sqrt{\pi \lambda c}} \sqrt{t}$$

bzw. gemäß der Transformationsgleichung:

$$\vartheta(0, t) = \frac{I^2 R_{ü}}{F \sqrt{\pi \lambda c}} e^{-\varkappa^2 t} \sqrt{t} .$$

Zusammenfassung

Die Temperaturverteilung in der Nähe einer Kontaktstelle — als Flächenquelle — mit Berücksichtigung der Kühlung kann durch die Transformation $v = e^{\varkappa^2 t} \vartheta$ in einfacher Weise berechnet werden. Es ergibt sich dann für v und einen Strom $i(t)$ der gleiche Verlauf, wie man ihn für ϑ ohne Kühlung der Mantelflächen bei

$$i(t) = e^{\frac{\varkappa^2}{2} t} i(t)$$

finden würde. — Ein durchgeführtes Zahlenbeispiel, dessen Ergebnis Bild 1 und 2 darstellen, zeigt den Einfluß der Kühlung: An der Kontaktstelle selbst nähert sich die Temperatur mit großen Zeiten einem Grenzwert, für den die Formel gleichfalls angegeben ist, während für große x der Unterschied zwischen dem Fall mit und ohne Kühlung verschwindet.

Neuzeitlicher Eisenbahnbetrieb mit Dampf- oder Elektrolokomotiven?

DK 621.13 : 621.335.2

A. M. Wright[1]) behandelt in einer aufschlußreichen Arbeit den Standpunkt der V. S. Amerika zur Frage des Dampf- oder elektrischen Betriebes, wobei er zum Schluß auch kurz auf Dieselbetrieb eingeht. Im folgenden Bericht werden die Angaben von Wright, soweit dies möglich ist, mit deutschen Verhältnissen verglichen. Der Verfasser geht bei seinen Betrachtungen von der allgemeingültigen Feststellung aus, daß Eisenbahnen den Fernverkehr von schweren Lasten billiger als irgendein anderes Verkehrsmittel durchführen können. Für das Sammeln und Verteilen kleiner und mittlerer Lasten innerhalb von 80 bis 160 km ist jedoch der Kraftwagenverkehr dem üblichen Eisenbahnverkehr überlegen, nicht zuletzt wegen des Zeitverlustes beim Umladen usw. In den V. S. Amerika werden kleine und mittlere Lasten mit dem Kraftwagen innerhalb von 24 h auf Entfernungen bis zu 600 km befördert, während das übliche Beförderungsverfahren der dortigen Eisenbahnen hierfür bis zu mehreren Tagen benötigen soll. Da diese Beförderungsdauer für die dortigen Verhältnisse nicht mehr tragbar war, sahen sich die Eisenbahnen gezwungen, ihre Beförderungsverfahren zu verbessern. Hierbei wurden sie von einigen Grundgedanken geleitet, von denen hier die wichtigsten angedeutet seien:

1. Schienenverkehr mit schweren Lasten und hohen Fahrgeschwindigkeiten ist besonders für weite Entfernungen geeignet.
2. Die jetzige Art der Zustellung und Abholung von und zu einer Vielzahl von Stellen ist langsam, unwirksam und teuer. Daher muß angestrebt werden, von einer einzigen Sammelstelle aus die Frachten zuzustellen und abzuholen.
3. In Ländern, in denen die Bahnen Privatunternehmen sind, können durch Eingreifen der Regierung die Verkehrsverbesserungen beschleunigt werden, insbesondere durch Vermeiden unnütz gefahrener Kilometer und durch besseres Ausnutzen von Fahrzeug und Personal.

Die wichtigste Erkenntnis ist, daß die Eisenbahnen das Hauptverkehrsmittel für schwere Lasten und weite Strecken sind. Demzufolge ist die Hauptaufgabe, Triebfahrzeuge und Wagen zur Beförderung schneller, schwerer Züge zu entwickeln. Das Leistungsvermögen einer Strecke (in Tonnenkilometer je Jahr) hängt vom Fassungsvermögen, dem Abstand und der Reisegeschwindigkeit der Züge ab. Eine Studie der American Railway Engineering Association[2]) hat gezeigt, daß die Zugbewegungen stark durch Zufälligkeiten usw. gestört werden, falls der tatsächliche Verkehr (gemeint ist hier wohl die Zahl der Züge) 50 % der theoretischen Leistungsfähigkeit der Strecke erreicht. Ein Überschreiten dieser Grenze bringt also Stockungen in den Betrieb. [Es ist fraglich, ob diese Erkenntnisse sich auf den deutschen Zugbetrieb übertragen lassen. So wird z. B. auf der Berliner S-Bahn regelmäßig bis zu 90 % der theoretisch Leistungsfähigkeit der Strecken praktisch ausgenutzt. Der Ber.]

Zum Erhöhen der Leistungsfähigkeit gibt es folgende Mittel:

a. Das Gewicht der Güterzüge wird erhöht.
b. Die Geschwindigkeit der Güterzüge wird gesteigert, d. h. sie wird der Geschwindigkeit der Reisezüge anzunähern sein.
c. Das Fassungsvermögen der Güterwagen wird vergrößert.

Die unter a. und b. genannten Mittel bedingen, daß größere Lokomotiven entworfen werden, d. h. die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Eisenbahnen hängt von der erhöhten Leistung der Lokomotiven ab. Wright stellt seine Vergleiche für folgende Lokomotiven an: eine Güterzuglokomotive von 3000 PS = 2200 kW am Treibradumfang, die einen Güterzug von 3000 t mit 60 km/h über eine Steigung von 2 ‰ bei Ausnutzung der Überlastungsfähigkeit befördern soll, und eine Schnellzuglokomotive von 2400 PS = 1750 kW am Treibradumfang, die einen Schnellzug von 500 t mit 130 km/h über die gleiche Stei-

[1]) A. M. Wright, Electr. Engng. 59 (1940) S. 00; 7 S., 2 B.

[2]) Amer. Rly. Engng. Assoc. Proc. 32 (1931) S. 643.

gung von 2 ‰ befördern soll. Ein Beispiel zeigt, daß für vorstehende Leistungen bei einem angenommenen Fahrplan der Schnellzug den Güterzug schon nach einer Entfernung von 75 km überholen muß. Wenn dagegen die Geschwindigkeit des Güterzuges von 60 km/h auf rd. 100 km/h heraufgesetzt würde, so brauchte die Überholung erst nach einer Entfernung von rd. 200 km stattzufinden. Das Beispiel sollte zeigen, daß durch Erhöhen der Fahrgeschwindigkeiten der Güterzüge die Zahl der Überholungen vermindert und dadurch die Leistungsfähigkeit der Strecke verbessert wird. Für Güterzuglokomotiven ist bei 100 km/h eine Leistung in der Größenordnung von 6300 PS = 4600 kW erforderlich.

Wright stellt nun die Fragen: Kann eine Dampflokomotive von 4600 kW mit brauchbaren Abmessungen und Gewichten gebaut werden, oder kann vielleicht eine andere Lokomotivart, z. B. eine Diesel- oder Elektrolokomotive, vorteilhafter sein? Nach den amerikanischen Erfahrungen scheint endgültig festzustehen, daß die Gewichtsausnutzung der üblichen Bauarten von Dampflokomotiven auch bei großer Leistung kaum besser ist als bei normalen Leistungsverhältnissen. Nach den neuesten Veröffentlichungen der American Railway Engineering Association[3]) wurden viele neuzeitliche Dampflokomotiven auf das Verhältnis von Gewicht und Leistung untersucht. Einzelheiten über die Leistungsbestimmungen der Dampflokomotiven haben das Ergebnis, daß die Gewichtsausnutzung, mit der man rechnen kann, kaum besser als rd. 100 kg Gesamtgewicht je PS am Treibradumfang werden kann (100 kg/PS = 136 kg/kW). Für deutsche Verhältnisse kann man bei Dampflokomotiven mit etwa 100 bis 110 kg/kW rechnen. Auf dieser Grundlage errechnet Wright das Gesamtgewicht einer Dampflokomotive von 6300 PS = 4600 kW zu 630 t, wovon 252 t Reibungsgewicht (= 40 %) darstellen. Bei 8 Treibachsen ergeben sich 31,5 t je Achse, was für die meisten amerikanischen Bahnen zulässig ist. Diese hohe Zahl von Treibachsen verlangt aber den Bau einer Gelenklokomotive. Der Verfasser hält es für wenig wahrscheinlich, daß in nächster Zukunft eine Änderung in der Gewichtsausnutzung von Dampflokomotiven eintritt. Zwar kann der thermische Wirkungsgrad durch Erhöhen von Druck und Temperatur sowie durch Überhitzen verbessert werden, wovon aber höchstens eine Verbesserung von etwa 20 % zu erwarten ist. Aber die Abmessungen der Lokomotive werden dabei um soviel größer sein, so daß die Gewichtsausnutzung gegenüber den heutigen Werten nicht besser sein würde. Wright vertritt also die Auffassung, daß die praktisch brauchbare Grenze der Leistung von Dampflokomotiven 3000 PS oder 2200 kW nicht wesentlich übersteigt, unabhängig davon, daß für besondere Verhältnisse auch Dampflokomotiven bis 6000 PS oder 4400 kW noch gebaut werden können.

Für vielversprechender hält Wright die Entwicklungsaussichten der elektrischen Lokomotive. Im letzten Jahrzehnt hat sich in den V. S. Amerika das Einphasen-Wechselstromsystem zum Befördern schwerer Lasten als besonders geeignet erwiesen und daher stark ausgedehnt. Aus diesem Grunde wurden die Möglichkeiten zum Befördern schwerer Züge bei hohen Geschwindigkeiten nur beim Einphasen-Wechselstromsystem in Verbindung mit Reihenschlußmotoren untersucht. Für die Jetztzeit kann angenommen werden, daß die als Oberleitung ausgeführte Fahrleitung eine unerschöpfliche Energiequelle für die Lokomotive darstellt. Da auch der Transformator ohne weiteres gebaut werden kann, liegt die Leistungsbegrenzung der elektrischen Lokomotive in der Stromwendung und Erwärmung der Fahrmotoren sowie in der Umfangsgeschwindigkeit von Stromwender und Anker. Eine Berechnung führt zu dem Ergebnis, daß man für die elektrische Lokomotive 6 Treibachsen mit je 2 zwölfpoligen Fahrmotoren benötigt, wobei eine Treibachslast von 31 t angenommen wurde. Mit der Achsfolge 2′ Co + Co 2′ ergibt sich ein Gesamtgewicht von 280 t. Amerikanische Erfahrungen haben gezeigt, daß man derartige Lokomotiven mit etwa 50 kg/PS oder 68 kg/kW bauen kann. [Für deutsche Verhältnisse kann man bei elektrischen Güterzuglokomotiven mit 42 bis 48 kg/kW, bei Schnellzuglokomotiven mit 33 bis 44 kg/kW rechnen.] Mit dieser Kennziffer ergibt sich die Dauerleistung zu 280 000/68 = 4100 kW oder 5600 PS. Bei der Wertung dieser Leistung muß beachtet werden, daß die elektrische Lokomotive stark überlastbar ist, was sich besonders beim Anfahren und in Steigungen auswirkt. Da außerdem die Gewichtsausnutzung der elektrischen Lokomotive doppelt so gut ist wie bei der Dampflokomotive, ist der Anteil des Lokomotivgewichts am Gesamtgewicht des Zuges nur halb so groß. Das beachtliche Ergebnis ist also, daß eine elektrische Lokomotive von 280 t im Betrieb mehr leistet als eine Dampflokomotive von 620 t.

Die Leistungsfähigkeit einer elektrischen Bahn hängt auch von der Spannung im Fahrdraht und von der Netzfrequenz ab. Diese Frage untersuchten McGee und Harder[4]) mit dem Ergebnis, daß schon 11 kV in der Fahrleitung ausreichen, um den Verkehr bis zur Grenze der Leistungsfähigkeit der vorhandenen Strecken zu bewerkstelligen. Unterwerke und Fahrleitungen sind so billig als möglich zu bauen. Ein großer Teil der Kosten der ortsfesten Anlagen fällt den Unterwerken zur Last. Die Unterwerksabstände sollen so groß als möglich sein. Wenn jedoch eine bestimmte Belastung der Strecke mit einem gegebenen Spannungsabfall befördert werden soll, kann ein Vergrößern der Unterwerksabstände nur durch höhere Fahrdrahtspannung ermöglicht werden. Einige elektrische Bahnen in den V. S. Amerika haben Vorkehrungen getroffen, um auf 22 kV überzugehen. Sogar diese Spannung scheine nicht immer ausreichend zu sein, und man müsse auch Fahrdrahtspannungen von 50 kV in Betracht ziehen. [Diese Auffassung kann nach Untersuchungen des Berichters nur bedingt gelten, denn eine Berechnung zeigt, daß zu einer bestimmten Streckenbelastung in t je Tag bei einem jeder Strecke eigentümlichen Wh-Verbrauch je tkm eine bestimmte spezifische Unterwerksleistung in kW je Streckenkilometer gehört, die noch von einigen weiteren Größen beeinflußt wird. Meist darf oder will man mit der Leistung je Unterwerk gewisse Werte nicht überschreiten, so daß je nach der Streckenbelastung ein mehr oder weniger großer Unterwerksabstand zwangläufig gegeben ist.]

Wright zeigt weiter in seinem Aufsatz, daß die Elektrisierung von Bahnen wirtschaftlich sei, insbesondere

1. weil zum Bewältigen eines bestimmten Verkehrs weniger Elektrolokomotiven erforderlich seien. Da die Kosten der Leistungseinheit am Treibrad bei Dampf und Elektrolokomotiven etwa gleich seien, sei das in den elektrischen Triebfahrzeugen angelegte Kapital mäßig; auch werde dadurch die Zahl der Lokomotivschuppen usw. geringer.
2. weil die Erhaltungskosten der elektrischen Lokomotive fast durchweg halb so hoch seien wie die der Dampflokomotive.
3. weil die Ausnutzung der Elektrolokomotiven meist bis zu 90 % betrage, während Dampflokomotiven bestenfalls auf 50 % kämen, daher die geringere Anzahl von Elektrolokomotiven.
4. weil die Elektrolokomotive während des Anfahrens bis aufs Doppelte ihrer Nennleistung überlastbar sei.
5. weil die Kosten für die ortsfesten Anlagen zur Stromversorgung des elektrischen Zugbetriebs meistens nur in der gleichen Größenordnung lägen wie die Bekohlungsanlagen usw., die der Dampfbetrieb erfordere;
6. weil trotz des niedrigen Kohlenpreises in den V. S. Amerika die Stromkosten je tkm nicht höher seien als bei Dampfbetrieb.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß die von Wright geschilderte Auffassung der V. S. Amerika über den elektrischen Zugbetrieb sich im wesentlichen mit deutschen Auffassungen und Erfahrungen deckt, insbesondere können schwere Züge mit hoher Geschwindigkeit nur durch elektrischen Betrieb in wirtschaftlicher Weise befördert werden. H. Kother VDE, Berlin

[3]) Report of Committee on Economics of Railway Operation, Amer. Rly. Engng. Assoc. Proc. 40 (1939) S. 83.

[4]) Amer. Inst. electr. Engrs. 52 (1933) Transactions S. 364.

RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 31 : 621.315.21.004.64

Ausgewertete Kabelfehlerstatistik für 1939. [Nach W. Zimmermann, Elektrizitätswirtsch. 39 (1940) S. 367; 3 S.]

Die von der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung (WEV) im Zusammenhang mit der schon seit zehn Jahren laufend durchgeführten Kabelfehlerstatistik neuerdings angestellten Erhebungen über den Störungsbefund sollen Aufschluß über die Einzelheiten von Fehlerursache und Störungshergang vermitteln, um aus ihnen Anhaltspunkte für die zur Verbesserung der Betriebssicherheit nötigen Maßnahmen zu gewinnen. In dem für das Jahr 1939 erstmalig gesondert erstatteten Bericht dieser Art werden die Ergebnisse von insgesamt 211 Störungsbefundmeldungen, d. h. 90% der für dieses Jahr gemeldeten 235 Fehler im deutschen Hochspannungs-Kabelnetz mit Betriebsspannungen von 15 kV und darüber zusammenfassend besprochen.

Aus der Gesamtaufteilung nach der Fehlerursache in die drei Gruppen: äußere Ursache, innere Ursache und Überspannung (Tafel 1) geht hervor, daß bei den Kabeln und Muffen die Zahl der Fehler aus äußerer Ursache die aus den beiden anderen überwiegt und am seltensten die durch Überspannungen hervorgerufenen Fehler vorkommen. Bei den Endverschlüssen sind es dagegen gerade die durch Überspannung verursachten Schäden, die am stärksten ins Gewicht fallen, wobei sie sich ungefähr je zur Hälfte auf atmosphärisch bedingte und betrieblich bedingte Überspannungen aufteilen.

Tafel 1. Fehlerzahl und Zahl der Störungsbefundmeldungen.

	Kabel	Muffen	Endverschlüsse
Zahl der durch Störungsbefundmeldungen belegten Fehler . .	131	19	61
davon Fehler			
durch äußere Ursachen . . .	70	10	19
durch innere Ursachen	41	8	16
durch Überspannungen . . .	20	1	26 {14[1]) 12[2])

[1]) Atmosphärischen Urspungs.
[2]) Betrieblichen Ursprungs.

Bezüglich der Fehlervermeidung von seiten des Betriebes oder des Herstellers und für die Fehlervorbeugung ergibt sich die aus Tafel 2 ersichtliche Aufteilung.

Tafel 2. Einteilung der Störungsbefunde nach vermeidbaren und nicht vermeidbaren Fehlern.

	Zahl der Störungen	davon vermeidbar	davon nicht vermeidbar
Fehlervermeidung ist möglich durch den			
Betrieb.	115	69	46
Hersteller	96	52	44
insgesamt	211	121	90

Von den insgesamt durch Störungsbefundmeldungen belegten 211 Fehlern wären 115, d. h. rd. 55%, auch bei noch so hochwertiger Beschaffenheit des Kabels oder seines Zubehörs aufgetreten, denn es handelte sich um solche, die durch äußere mechanische Verletzung, durch übermäßige mechanische Beanspruchung entweder bei der Verlegung oder im Betrieb oder schließlich durch mangelhafte Montage, also aus Gründen entstanden sind, auf die der Hersteller keinen Einfluß hat. Bei den 96 Fehlern, die auf konstruktive oder fabrikatorische Unzulänglichkeiten zurückzuführen waren, die also zu Lasten des Herstellers gehen, handelt es sich um Beanspruchungen, denen gegenüber die Widerstandsfähigkeit des Kabels bzw. seines Zubehörs entweder in mechanischer oder in elektrischer Beziehung nicht ausreichend war. Unter den 115 durch betriebliche Einflüsse verschuldeten Fehlern sind zu den 69 als vermeidbar angesprochenen Schäden nur Beschädigungen durch Werkzeuge für Erdarbeiten, Unachtsamkeit beim Verlegen und mangelnde Sorgfalt bei der Montage gezählt, wogegen zu den 46 nicht ohne weiteres vermeidbaren Schäden solche durch Erdbewegungen, Bergschäden, Blitzschlag und betriebliche Überspannungen gerechnet sind. Unter den 69 als vermeidbar anzusehenden Fehlern befinden sich allein 51, d. h. fast 75%, die an Kabeln lediglich infolge mangelnder Vorsicht oder Sorgfalt aufgetreten sind, von denen wiederum nicht weniger als 36 durch mangelnde Vorsicht bei fremden Arbeiten entstanden. Von den der Herstellerseite zufallenden 96 Fehlern sind zu den 52 als vermeidbar angesprochenen Fehlern solche gezählt, die Fabrikations- und Konstruktionsunzulänglichkeiten oder -mängeln oder Werkstoffehlern zuzuschreiben sind. In die 44 als nicht vermeidbar angesprochenen Schäden sind ausschließlich solche einbezogen worden, die auf Alterungserscheinungen und unmittelbare Blitzschläge zurückzuführen waren, für die also Vorbeugungsmöglichkeiten nicht ohne weiteres angegeben werden können.

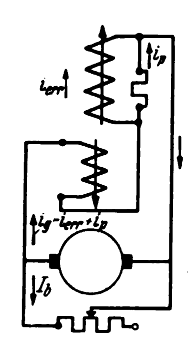
Insgesamt gesehen zeigt die Aufteilung in vermeidbare und nicht vermeidbare Fehler, daß die Aussichten für eine Erhöhung der Betriebssicherheit des Hochspannungs-Kabelnetzes nicht ungünstig sind, denn zur Vermeidung von 121 oder fast 60% der insgesamt im Jahre 1939 aufgetretenen 211 durch Störungsbefundmeldungen belegten Störungen stehen technisch die Mittel zur Verfügung. *eb.*

Elektrische Maschinen

DK 621.313.2 : 621.311.24

Gleichstromgeneratoren mit gleichbleibender Spannung für kleine Windkraftanlagen. [Nach K. J. Schenfer und A. A. Iwanow, Elektritschestwo 61 (1940) H. 9, S. 14; 2 S., 4 B.]

Um bei Gleichstromgeneratoren kleiner Leistungen, die durch Windmotoren angetrieben werden und somit um etwa ± 25% schwankende Drehzahlen haben, die Spannung auf gleicher Höhe zu halten, wird von den Verfassern die in Bild 1 wiedergegebene Schaltung vorgeschlagen. In Reihe mit der Nebenschlußwicklung liegt eine zweite Feldwicklung, die ein gegenwirkendes Feld erzeugt. Parallel zur Nebenschlußwicklung ist ein Widerstand mit nichtlinearer Kennlinie geschaltet. Steigt die Drehzahl und somit die Klemmenspannung der Maschine an,



i_{err} Erregerstrom
i_p Parallelstrom
i_g Gegenerregerstrom = $i_{err} + i_p$
I_b Belastungsstrom

Bild 1. Grundsätzliche Schaltung des Gleichstromgenerators für Windkraftanlagen.

so wächst der über den Widerstand fließende Strom infolge seines nichtlinearen Verhaltens mehr als verhältnisgleich. Damit wird der Strom in der Erregerwicklung entsprechend stärker geschwächt und der Strom in der Gegenwicklung gleichzeitig verstärkt; das Feld der Maschine wird dadurch geschwächt und die Spannung herabgedrückt. Bei einer kleinen Maschine von 230 V und 31,3 A wurde beim Anstieg der Drehzahl von 2170 auf 2900 U/min eine Spannungserhöhung von nur 2 V festgestellt. Für die Gegenerregung werden etwa 8 bis 10% der Erregerwindungszahl mit etwa 20 bis 30% größerem Kupferquerschnitt benötigt, da über diese Wicklung außer dem Erregerstrom auch noch der Strom fließt, der über den Widerstand geht. Dadurch werden etwa 10 bis 12% mehr Kupfer für die Erregung erforderlich. Der Wirkungsgrad der Maschine ist etwas schlechter, jedoch wird er durch das Fehlen zusätzlicher Regler ausgeglichen. Für Spannungen bis zu 220 V wird als geeigneter Werkstoff für Widerstände mit nichtlinearer Kennlinie eine Mischung aus Karborundum und Graphit angegeben. Die Bestandteile werden in Pulverform vermischt und mit Glyptallack zu einer zähen Masse angerührt, die in Formen

gepreßt und bei 100 bis 150° C gebacken wird. Je nach dem Graphitgehalt ändern sich die Widerstandseigenschaften. Als besonders günstig werden Mischungen mit 15 bis 25% Graphitgehalt bezeichnet, bei denen der Widerstand im Bereiche niedriger Spannungen konstant bleibt und erst von einem bestimmten Spannungswert an mit zunehmender Spannung kleiner wird. *Wh.*

Geräte und Stromrichter

DK 621.314.65

Die Phasenlage von Rückzündungen in Hochstrom-quecksilberdampf-Gleichrichtern. [Nach W. E. Pakala und W. B. Batten, Electr. Engng. 59 (1940) S. 345; 3 S., 2 B.]

Im praktischen Betrieb der Quecksilberdampf-Gleichrichter treten Rückzündungen so selten und unregelmäßig auf, daß sie mit gewöhnlichen Schleifenoszillographen kaum erfaßt werden können. Die Verfasser benutzten zu ihren Untersuchungen das von dem einen von ihnen entwickelte sogenannte Memnoskop[1]), ein vielstufiges Kondensator-Aufladegerät zum vorübergehenden Festhalten eines sich zeitlich ändernden Spannungsverlaufs. Bei Eintritt einer Rückzündung wurde der Verschluß eines dauernd mitlaufenden Schleifenoszillographen selbsttätig geöffnet und die festgehaltene Spannungskurve, die den Rückzündungsvorgang enthielt, in einer Länge von mehreren Perioden aufgenommen. Auf diese Weise konnten gleichzeitig die Spannungen von 6 Anoden gegen die Kathode aufgezeichnet und der Phasenwinkel der Rückzündung bestimmt werden. An verschiedenen Gleichrichter-Bauformen, vorwiegend an Ignitrons, wurden insgesamt 74 Rückzündungsfälle untersucht. Die Spannungen betrugen 300 oder 600 V, die Ströme 100 bis 1250 A je Anode. In 40 Fällen trat die Rückzündung unmittelbar nach dem Erlöschen der Anode ein, in den übrigen unregelmäßig verstreut über die Anodensperrzeit. Anscheinend hat man es hier mit verschiedenen Gruppen von Rückzündungsfällen zu tun, von denen eine, die 54% aller Fälle umfaßt, mit dem Maximum des Ionenrückstromes zu Beginn der Sperrzeit im Zusammenhang steht. Für die übrigen Fälle konnte eine Gesetzmäßigkeit abhängig von der Höhe des Rückstromes noch nicht gefunden werden, da die Zahl der Rückzündungsaufnahmen hierzu noch nicht ausreichte. *v. I.*

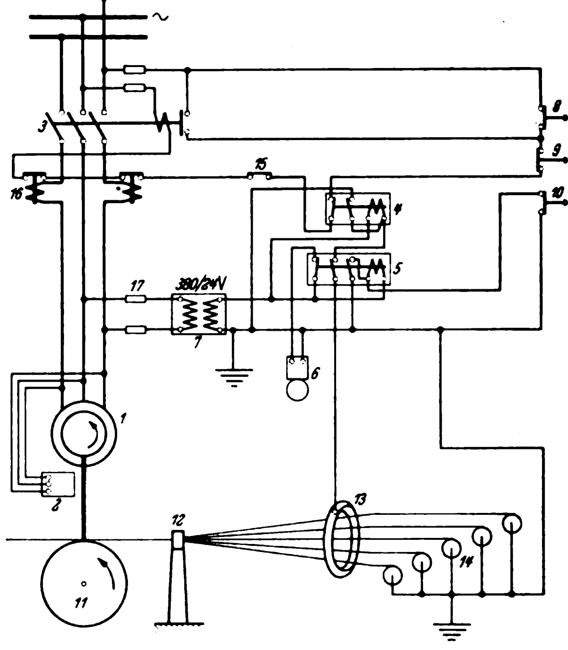
Elektrische Antriebe

DK 621.34 : 621.9

Selbsttätige Bremseinrichtung für Schnellverseilmaschinen. [Nach N. E. Thorell, Asea-J. (engl.) 17 (1940) S. 76; 2 S., 3 B.]

Bei der Entwicklung elektrischer Einzelantriebe stellte die Anpassung der Antriebe an die betriebsbedingten Besonderheiten der Arbeitsmaschine mannigfache Aufgaben, deren Lösungen dann häufig weitere Anwendungsgebiete für die Sonderantriebe erschlossen. Aber auch durch Weiterentwicklung der Antriebe zur teilweisen oder völligen Automatisierung kann erheblich vereinfachte Bedienung der Arbeitsmaschine zu erhöhter Ausnutzung der Geräte und Anlagen führen. N. E. Thorell gibt hierfür ein bemerkenswertes Beispiel aus der Antriebsentwicklung von Schnellverseilmaschinen, wobei es gelang, die bisherigen Signaleinrichtungen zur selbsttätigen Antriebsauslösung im Störungsfalle weiterzubilden.

Eine Verseilmaschine, wie sie zur Drahtseilherstellung und bei der Armierung von Kabeln vielfach benutzt wird, enthält mehrere Trommeln mit aufgewundenen Drähten, die sich am Umfang einer größeren Verdrillungstrommel befinden und an der Verseilungsstelle das verdrillte Seil bilden. Bei Bruch eines einzigen Drahtes wird durch die neue Einrichtung die Maschine selbsttätig in kurzer Zeit stillgesetzt. Das grundsätzliche Schaltbild eines solchen Schnellverseilmaschinenantriebes mit selbsttätiger Bremseinrichtung zeigt Bild 2. Der Antrieb besteht im wesentlichen aus dem Motor *1*, dem Bremsmagneten *2*, der Arbeitswelle *11*, dem Motorschutzschalter *3* und den Hilfseinrichtungen zum sofortigen selbsttätigen Abschalten bei Drahtbruch. Die die Abschaltung bewirkenden Einrichtungen arbeiten folgendermaßen: Die verschiedenen Seiladern laufen von ihren geerdeten Trommeln *14* unmittelbar vor der ebenfalls geerdeten Verseilungsstelle *12* durch einen isoliert aufgestellten, silbernen Kontaktring *13*. Während bei ordnungsgemäßer Verseilung die Drähte frei durch den Ring hindurchlaufen, berührt bei Bruch eines einzigen Drahtes ein geerdetes Drahtende den Ring und gibt dadurch Erdpotential an das Hilfsrelais *5*, wodurch dieses über das Schnellrelais *4* den Motorschutzschalter



1	Antriebsmotor	*7*	Hilfswandler	*13*	Kontaktring
2	Bremsmagnet	*8*	Anlaufdruckknopf	*14*	Drahthaspeln
3	Motorschutzschalter	*9*	Haltedruckknopf	*15*	Zwischenkontakt
4	Betätigungs-Schnellrelais	*10*	Druckknopf zur Signalabschaltung	*16*	Überstromauslöser
5	Hilfsrelais	*11*	Arbeitswelle	*17*	Abschmelzsicherungen
6	Signalglocke	*12*	Verseilstelle		

Bild 2. Grundsätzliche Schaltung der selbsttätigen Abschaltvorrichtung des Antriebes bei Drahtbruch.

des Antriebes auslöst, wie aus dem Schaltbild ersichtlich ist. Die Hilfseinrichtungen werden über den Hilfswandler *7* mit 24 V gespeist. Der Antrieb wird betriebsmäßig über die Druckknöpfe *8*, *9* und *10* geschaltet. *Tsch.*

Fernmeldetechnik

DK 621.383 : 621.385.15

Eine Photozelle mit Verstärkung durch Sekundäremission. [Nach M. C. Teves, Philips techn. Rdsch. 5 (1940) S. 261; 5 S., 4 B.]

Da bei fast allen Anwendungen der Vakuum-Photozelle die erzeugten Ströme zu schwach sind, um unmittelbar benutzt zu werden, ist eine Verstärkung entweder durch die in der Funktechnik üblichen Verstärkerröhren und Schaltungen oder durch Füllen der Zelle mit Edelgasen oder endlich durch Sekundäremission nötig. Bei letzterer werden Sekundärelektronen aus einer Hilfsanode freigemacht, die mit den primären Photoelektronen beschossen wird. Diese Art der Verstärkung hat den ersten beiden gegenüber, besonders beim Tonfilm, gewisse Vorzüge: Die Sekundäremission liefert nämlich keinen Ruhestrom, wie dies bei der Verstärkerröhre der Fall ist, denn bei der letzteren ist auch beim Aussetzen der zu verstärkenden Spannung stets ein bestimmter Anodenstrom vorhanden, dessen Schwankungen zum Rauschen Veranlassung geben können. Ebenso ist die mit Edelgas gefüllte Photozelle bezüglich des Rauschens ungünstiger als die Vakuumröhre mit Sekundäremission, abgesehen davon, daß durch die Gasfüllung nur eine verhältnismäßig geringe Verstärkung möglich ist. Aus diesen Gründen wird man in vielen Fällen die Photozelle mit Sekundäremission wählen, die zwar im Aufbau verwickelter ist, die aber eine unverzerrte, frequenzunabhängige und rauschfreie Verstärkung ergibt. Da der schon bekannte Elektronenvervielfacher, der mit elektrostatischer und mit magnetischer Ablenkung der Elektronen arbeitet, für normale Tonfilmverstärker zu schwierig in der Einstellung ist, wurde eine einfachere Zelle mit Sekundäremission konstruiert, die bei rein elektrostatischer Elektronenleitung in drei Stufen eine etwa 100fache Verstärkung liefert. Das System dieser Röhre besteht aus einer Anzahl von Hilfselektroden mit steigendem Potential, die derart umeinander herumgreifen, daß diejenigen Sekundärelektronen, die einen bestimmten Teil der Elektrode verlassen, von der folgenden Elektrode angezogen werden und so auf den gleichen Teil dieser zweiten Elektrode gelangen

[1]) ETZ 60 (1939) S. 590.

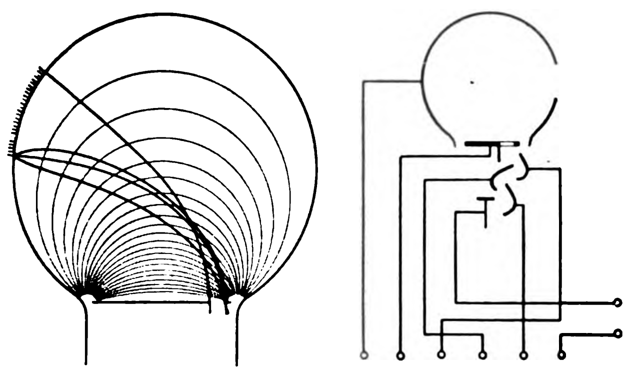


Bild 3. Bahnen der Elektronen. Bild 4. Querschnitt des Systems.

Bild 3 und 4 zeigen die Bahnen der Photoelektronen und die Anordnung der weiteren Elektroden. Die Photoelektronen treten durch eine Öffnung der Anode hindurch, gelangen auf die erste Hilfselektrode, erzeugen dort eine Sekundäremission, wodurch die Elektronen auf die nächste, auf höherem Potential befindliche Elektrode auftreffen und so fort. Obwohl auf diese Weise eine beliebige Verstärkung möglich wäre, hat es sich als praktisch erwiesen, sich auf eine dreimalige Verstärkung durch Sekundäremission zu beschränken und die Spannungserhöhung für jede Elektrode auf 150 V zu bemessen. Das ganze Elektrodensystem, bestehend aus drei sekundär emittierenden Hilfsanoden und der Endanode, ist nur 2 cm lang und kann mit der kugelförmigen Photozelle von 4 cm Durchmesser leicht in einer einzigen Röhre untergebracht werden. Als beste Spannungsverteilung hat sich ergeben:

Photokathode	0 V,
erste Anode	25 V,
erste Sekundärelektrode	300 V,
zweite Sekundärelektrode	450 V,
dritte Sekundärelektrode	580 V,
Endanode	635 V.

Die lichtempfindliche Oberfläche sowie die Oberfläche der sekundär emittierenden Elektroden bestehen in gleicher Weise aus einer silbernen Unterlage, bedeckt mit Cäsiumoxyd und adsorbiertem Cäsium. Alle Elektroden werden gemeinsam formiert. Die Photokathode gibt bei dieser Röhre 20 bis 30 µA/Lm. Eine Elektrode liefert bei 150 V den Multiplikationsfaktor 6, so daß eine etwa 100fache rauschfreie Verstärkung des ursprünglichen Photostromes erzielt wird. *vge.*

DK 621.528 : 546.431 + .831

Neuere Getter für Hochvakuumröhren. [Nach J. D. Fast, Philips techn. Rdsch. 5 (1940) S. 221; 5½ S., 3 B.]

Für Elektronenröhren, Röntgenröhren und ähnliche Hochvakuumgefäße ist das Austreiben der Luft und anderer unerwünschter Gase aus den Kolben und die Erhaltung des Hochvakuums überaus wichtig. Trotz Absaugung aller Gasmengen beim Pumpen werden auch im Betriebe noch geringe Gasmengen frei, für die seit langem als Fangstoffe die sogenannten Getter verwendet werden; dies sind also Stoffe, die bei der Herstellung in die Röhre eingeführt werden und die Gase dauernd binden. Während diese Aufgabe bei Glühlampen vielfach durch Phosphor gelöst wird, sind hierfür in der Hochvakuumtechnik Metalle, vorwiegend Erdalkalimetalle, in Gebrauch. Im Gegensatz zu korrosionsbeständigen Metallen besteht also eigentlich bei Gettern die Aufgabe, Metallteile in das Hochvakuumgefäß einzubringen, die durch die vorhandenen Gase stark angegriffen werden und diese dadurch binden; der Fangstoff muß also eine große Affinität zu Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff u. a. besitzen, wofür die Bildungswärme bestimmten Bedingungen genügen muß. Außerdem dürfen sich auf dem als Fangstoff dienenden Metall keine zusammenhängenden, schützenden Schichten bilden, damit die Gasaufnahme stets weitergehen kann. Alle diese Bedingungen einschließlich der beim Betrieb auftretenden Beanspruchungen durch höhere Temperaturen erfüllt das Erdalkalimetall Barium. Im Gegensatz dazu ist Zirkon unter 200° C sehr korrosionsbeständig; bei hoher Temperatur setzt jedoch eine starke Löslichkeit ein. Sauerstoff und Stickstoff können vom Zirkon in fester Lösung aufgenommen werden, und die Aufnahme kann sowohl aus der Gasphase als auch aus einer Schicht Zirkonoxyd bzw. -nitrid vor sich gehen. Die dafür erforderlichen Diffusionsvorgänge spielen sich bei erhöhten Temperaturen rasch ab. Während für andere Gase höhere Temperaturen geeigneter sind, liegt das günstigste Temperaturgebiet für Wasserstoffaufnahme zwischen 300 und 400° C.

Den geschilderten Eigentümlichkeiten entspricht die Verwendung dieser Metalle als Fangstoffe: Das schon bei niedriger Temperatur und Luft unbeständige Barium muß beim Einbringen in die Röhre durch einen Mantel aus Kupfer oder Nickel geschützt werden und wird nach dem Auspumpen durch Erhitzen in Dampfform als Metallspiegel auf der Röhrenwand niedergeschlagen. Sofort führt es dann zu einem hohen Vakuum und erhält dieses. Aber sein Metallspiegel ist in manchen Fällen unerwünscht und beeinflußt auch die Wärmeausstrahlung durch die Glaswand der Röhre. Diese Nachteile fallen beim Zirkon fort. Dieses Metall wird als dünne Schicht auf einem der Innenteile oder als Stäbchen bzw. Plättchen in der Röhre untergebracht, wobei aber ein Teil bei Betrieb auf etwa 400 °C zur Wasserstoffbindung, der restliche Teil auf viel höhere Temperaturen kommen muß. Auch muß die Fangstelle für die zu bindenden Gasreste leicht erreichbar sein; manchmal wird sie auf ein solches elektrisches Potential gebracht, daß gebildete Gasionen dadurch dorthin gezogen werden. *an.*

Theoretische Elektrotechnik

DK 537.533.72 : 537.212

Einfache Konstruktionsvorrichtung für Trägerbahnen im elektrischen Potentialfeld. [Nach A. Sándor, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 6, S. 353; 6 S., 4 B.]

Nach wie vor kann das graphische Trägerbahnbestimmungsverfahren im bekannten elektrischen Potentialfeld, das auf dem elektronenoptischen Brechungsgesetz beruht, als das einfachste und zweckmäßigste angesehen werden. Auch in Fällen, wo die Potentialverteilung rechnerisch ermittelt werden kann, ist das genannte Verfahren der mathematischen Bahnfunktionsbestimmung meist vorzuziehen. Nur im Bereich homogener Potentialverteilung ist die rechnerische Erfassung der Parabelbahn vorteilhafter, da hierdurch, besonders bei längerer Feldausdehnung, geometrische Zeichen- und Näherungsfehler völlig vermeidbar sind. Um das Zeichenverfahren mit größtmöglichem Nutzen anzuwenden, wird eine Konstruktionsvorrichtung für Trägerbahnen im graphisch niedergelegten, elektrischen Potentialfeld entwickelt, die sich durch Billigkeit und Einfachheit in der Herstellung sowie rasche, saubere und fast fehlerfreie Arbeitsweise auszeichnet. Der Vorrichtung liegt das elektronenoptische Brechungsgesetz für Doppelflächensysteme zugrunde, das auch in Feldbildern, welche in eine genügend große Zahl einzelner Potentialschritte zerlegt werden, analog anwendbar ist. Mit Ausnahme einer an jeder Niveaulinie verschiedenen Rechengröße werden sämtliche Rechenoperationen sowie Bestimmungen goniometrischer Funktionen von der Vorrichtung selbsttätig ausgeführt. Die Errechnung der genannten Größe erfolgt unabhängig von der Strahleinfallrichtung, woraus hervorgeht, daß für gleichbleibende Potentialverteilung und Strahlanfangsgeschwindigkeit die Rechnung für beliebige Strahlrichtungen nur einmalig auszuführen ist. Das Feldbild selbst bleibt von Hilfskonstruktionslinien völlig verschont, wodurch größte Übersichtlichkeit und Sauberkeit gewahrt wird. Gegenüber anderen, ursprünglichen Konstruktionsmethoden bringt die Vorrichtung eine Zeitersparnis von durchschnittlich etwa 65 bis 75% und bei sorgfältiger Handhabung nahezu völlige Fehlerfreiheit, die durch Verringerung der subjektiven Fehlermöglichkeiten auf ein Mindestmaß bedingt ist. Deutlich werden die Vorteile insbesondere bei Konstruktion von langen und aus vielen Linienelementen zusammengesetzten Strahlenbahnen. Die Vorrichtung ist mit einfachsten technischen Mitteln herstellbar. Als Material wird durchweg Zelluloid verwendet.

DK 537.523.2/.5

Einfluß kleiner Oberflächenunregelmäßigkeiten auf die Durchbruchspannung in Luft. [Nach H. H. Race, Gen. electr. Rev. 43 (1940) S. 365; 5 S., 10 B.]

Ausgehend von der bekannten Tatsache, daß in Hochspannungsgeräten aller Art die Überschlagspannung oft beträchtlich niedriger liegt, als es dem mittleren Spannungsgradienten der betreffenden Elektrodenanordnung oder Messungen an Kugelfunkenstrecken entsprechen würde, hat H. H. Race systematische Versuche über den Einfluß von kleinen Vorsprüngen oder sonstigen Unregelmäßigkeiten der Elektroden auf die betriebsfrequente sowie auf die positive und negative Stoßüberschlagspannung mit der Wellenform 1,5|40 µs durchgeführt, wobei die

Höchstspannung bis 350 kV Scheitelwert betrug. Untersucht wurde insbesondere die Überschlagspannung zwischen einer Kugel und Platte und zwischen zwei Kugeln von 250 mm Durchmesser, wobei die eine Kugel durch eine mehr oder weniger bis zur Überbrückung des ganzen Abstandes zwischen den beiden Elektroden vorstehende Preßspanscheibe, die in einen Schlitz der Kugel an der Stelle des kürzesten Elektrodenabstandes eingesteckt werden konnte, in ihrer Form verändert wurde. Die Preßspanscheibe wurde dabei teils im Anlieferungszustande, also äußerlich trocken, teils durchfeuchtet verwendet, um auch diesen Einfluß mit zu erfassen. Weitere Versuche bezogen sich auf die Einwirkung metallischer Vorsprünge, besonders im Falle zweier gegenüberstehender ebener Platten. Aus den jeweiligen Kurven, bei denen die Überschlagspannung in Abhängigkeit von der Größe bzw. vorspringenden Höhe des Störkörpers aufgetragen wurde, ergaben sich folgende Schlußfolgerungen:

1. Sowohl metallische als auch nichtleitende Störkörper (Vorsprünge auf der glatten Elektrodenoberfläche bei im übrigen gleichförmigem elektrischen Feld) ergeben große Veränderungen in der Spannungsverteilung.

2. Bei 60 Hz haben kleine Vorsprünge sowohl von Nichtleitern als auch von Metallen nahezu die gleiche, ziemlich große Wirkung, augenscheinlich verursacht durch den stark erhöhten Spannungsgradienten der Luft in unmittelbarer Nähe der Vorsprünge. Bestehen diese aus feuchtem Preßspan, so gehen die Entladungen, wie bei Metall, unmittelbar von ihm aus.

3. Bei positiver Stoßspannung, d. h. bei positiver Polarität der Vorsprünge, verhält sich feuchter Preßspan ähnlich wie Metall und wie bei den 60 Hz-Prüfungen. Trockener Preßspan setzt die Überschlagspannung weniger herab.

4. Bei negativer Stoßspannung haben kleine metallische oder isolierende Störkörper einen vernachlässigbaren Einfluß. Große Vorsprünge von trockenem Preßspan ergeben bedeutend höhere Überschlagspannungen als solche aus Metall oder feuchtem Preßspan.

5. Die Versuche beweisen die Notwendigkeit, beim Entwurf von Hochspannungsgeräten alle möglicherweise störenden Vorsprünge aus Metall oder auch aus Nichtleitern zu vermeiden, und zeigen, wie schwierig es ist, in der Praxis die höchsten, für einen gegebenen Elektrodenabstand in Luft zu erwartenden Überschlagspannungen auch wirklich einzuhalten.

Für den praktischen Gebrauch ist übrigens, besonders wegen Rundfunkstörungen, oft der Einsatz von Glimmentladungen, der unmittelbar von der Schärfe der Elektroden-Unregelmäßigkeiten abhängt, von ebenso großer Bedeutung wie die Höhe der Überschlagspannung selbst. *W. W.*

Verschiedenes

DK 534.86 : 787.1

Möglichkeiten für eine Weiterentwicklung der Geige. [Nach R. Vermeulen, Philips techn. Rdsch. 5 (1940) H. 2, S. 36; 5 S., 8 B.]

Während die Geige etwa im 16. Jahrhundert nur für Kammermusik oder geistliche Musik in hallenden Kirchenräumen verwendet wurde, also nur relativ geringe Schalleistungen zu liefern brauchte, bringt es ihr Gebrauch in großen Konzertsälen mit sich, daß die erforderlichen Schalleistungen stark anstiegen. Daher werden heute die einzelnen Partiturstimmen in großen Orchestern von einer größeren Anzahl Instrumente gespielt. Dieser Weg der Lautstärkesteigerung ist jedoch naturgemäß für Solostimmen nicht anwendbar. Der Solist kann daher nur versuchen durch entsprechend kräftiges Spiel das begleitende Orchester zu übertönen. Diese Art des Spiels beeinträchtigt jedoch die Klanggüte, da bei derart großen Amplituden der Saiten und des Resonanzkastens bereits nichtlineare Verzerrungen auftreten.

Vermeulen versuchte diese Schwierigkeiten durch elektroakustische Hilfsmittel zu beseitigen. Eine einfache Verstärkeranlage führte nach den Ausführungen des Verfassers nicht zum Ziele, da man dann das Mikrophon in nächster Nähe der Geige aufstellen müßte, um nur deren Schall zu verstärken. Es zeigte sich jedoch, daß das dort herrschende Schallbild mit dem am Ort des Hörers nicht übereinstimmen muß. Aus diesem Grunde werden die mechanischen Schwingungen des Geigenkörpers selbst aufgenommen und dem Verstärker zugeführt.

Wenn eine Saite zu Schwingungen angeregt wird, dann werden diese Saitenschwingungen durch den Steg auf den eigentlichen Geigenkörper übertragen. Durch die sehr ausgeprägten Eigenschwingungen des Resonanzkörpers werden die Harmonischen in bestimmten Frequenzbereichen verstärkt, und hierdurch entsteht der spezifische Geigenklang.

Die einzige Stelle, an der alle in den Saitenschwingungen enthaltenen Frequenzen abgetastet werden können, ist der Steg. Anderseits entsprechen jedoch die dort abtastbaren Schwingungen noch keineswegs dem Geigenklang, da sie noch nicht durch den Geigenkörper beeinflußt sind. Daher genügt es auch nicht, sie nach entsprechender Verstärkung auf Lautsprecher zu geben. Der derart erhaltene Klangcharakter entspräche dann nur den Saitenschwingungen selbst. Es ist daher erforderlich, die Schwingungen auf ein Organ zu bringen, das bei normaler Anregung die spezifische Geigenklangfarbe liefern kann, also hierfür eine zweite Geige zu verwenden.

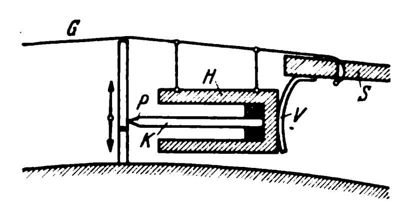


Bild 5. Piezoelektrischer Schwingungsabnehmer. Das Gehäuse *H* ist am toten Ende der *G*-Saite aufgehängt und wird durch die Feder *V*, die an dem Saitenhalter *S* der Geige festsitzt, in die Richtung des Steges gedrückt. Der Kristall *K* macht Biegeschwingungen, wodurch eine Piezospannung entsteht.

Bei der ausgeführten Anlage werden daher die am Steg der Sologeige abgetasteten Schwingungen nach entsprechender Verstärkung auf den Steg einer oder mehrerer „Lautsprecher-Geigen" gebracht. Als Abtastorgan dient ein piezoelektrisches System (Bild 5), als Antrieb für die „Lautsprecher-Geige" eine den Tonschreibern für Schallplattenaufnahme ähnliche Bauart (Bild 6).

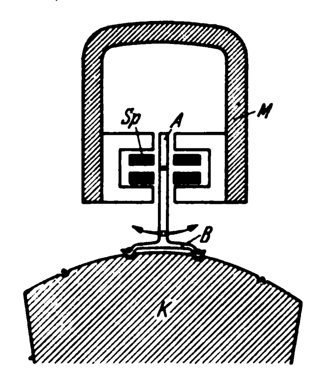


Bild 6. Antrieb der Lautsprechergeige. Auf dem Steg der Geige sitzt der Bügel *B* des Ankers *A*, der durch die beiden mittleren Geigensaiten festgehalten wird. Der Bügel *B* übt beim Schwingen des Ankers ein Drehmoment auf den Steg aus.

Diese Einrichtung bewährte sich bei ausgedehnten Versuchen sehr gut und gestattete es, Solostellen in Konzerten mit solcher Lautstärke wiederzugeben, daß sie auch bei Begleitung durch ein großes Orchester noch wirksam zur Geltung kommen. Anderseits besitzt die beschriebene Einrichtung jedoch auch verschiedene Nachteile. So genügt es beispielsweise nicht, wenn das eigentliche Soloinstrument eine hochwertige Geige ist, sondern es müssen auch die Lautsprechergeigen die gleiche Qualität besitzen. Das würde aber beispielsweise bei einer Stradivarius nicht ohne weiteres erfüllbar sein. Anderseits ergibt sich auch eine Anzahl neuer Möglichkeiten. So kann dadurch, daß die verwendeten Lautsprechergeigen untereinander verschiedene Klangfarbe besitzen, eine chormäßige Wirkung erzielt werden. *Egr.*

AUS LETZTER ZEIT

Arbeitstagung der Gruppenobmänner des VDE mit den Vorsitzern der VDE-Ausschüsse. — Am 4. Juli 1941 fand im VDE-Haus unter Leitung des VDE-Vorsitzers, Herrn Direktor Dr. Rißmüller, eine Arbeitstagung statt, auf der der VDE-Vorsitzer einen Bericht über die Tätigkeit des Verbandes in den letzten Jahren gab, wobei er besonders folgende Punkte hervorhob: Förderung der Nachwuchsschulung, Entwicklung der Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau", Erweiterung der VDE-Prüfstelle, Einsetzung von Obmännern zur einheitlichen Ausrichtung der VDE-Ausschüsse. Der Geschäftsführer des Verbandes, Herr Dipl.-Ing. Viefhaus, berichtete anschließend über die bisherigen Verhandlungen mit den ausländischen Verbänden zwecks Anerkennung des VDE-Vorschriftenwerkes und des Verfahrens der VDE-Prüfzeichenerteilung innerhalb des europäischen Großwirtschaftsraumes.

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH

Die Elektrizitätswirtschaft Rumäniens im Jahre 1939[1]

Von H. Thiess, Hermannstadt — Sibiu

DK 621.311.1(498)

Entwicklung der Elektroindustrie

Trotz der gewaltigen politischen und militärischen Ereignisse des Jahres 1939 zeigen die neuen Investierungen in der rumänischen Wirtschaft noch eine Gesamtsumme von rd. 64 Mill RM[2]) gegenüber 84,5 Mill RM des Jahres 1938. Dabei verdient der Fortschritt der elektrotechnischen Industrieunternehmungen hervorgehoben zu werden, deren Zahl sich von 25 auf 31 mit einem Produktionswert von etwa 16,5 Mill RM erhöhte. Erwähnenswert sind hierbei die Fabriken für Akkumulatoren, Meßinstrumente, elektrische Maschinen, Rundfunkgeräte, elektrische Werkzeuge und Haushaltgeräte sowie besonders für Glühbirnen, wobei vom gesamten Inlandbedarf von annähernd 138 000 kg Glühbirnen rd. 70 % durch die fünf im Lande vorhandenen Werke gedeckt wurden.

Entwicklung der Stromversorgung

Auch in der Elektrizitätsversorgung[3]) des Landes ist ein weiterer Aufschwung festzustellen. Durch Aufstellen neuer Maschineneinheiten konnten mehrere öffentliche Stromversorgungsunternehmungen ihre Leistungsfähigkeit erhöhen, so z. B. das Elektrizitätswerk Bukarest durch die Inbetriebnahme zweier Dieselmaschinensätze von je 9000 PS und die beiden Werke Galaţi und Timişoara-Temeschburg, die ihre Anlagen mit je einem Turbinensatz von 6000 PS erweiterten.

Im Jahre 1939 waren von 229 öffentlichen Elektrizitätswerken 113 private und konzessionierte Gesellschaften, 85 kommunale Werke, ferner 10 Werke in öffentlicher und 7 in staatlicher Verwaltung, während 14 Werke einen gemischtwirtschaftlichen Betrieb führten. Tafel 1 zeigt die Art der öffentlichen Stromversorgung Rumäniens.

Tafel 1. Art der öffentlichen Stromversorgung.

Stromart	Zahl der Werke	Leistung kW	% aller Werke	% der Gesamtleistung
Gleichstrom	96	17 500	42	6
Gleich- und Drehstrom	13	23 800	5	8
Drehstrom	120	243 700	53	86
insgesamt 1939	229	285 000	—	—
,, 1938	224	262 500	—	—
,, 1930	155	184 800	—	—

In Tafel 1 sind zwei Elektrizitätswerke, die noch Einphasenstrom erzeugen, sowie zwei Werke, die außer Drehstrom auch Zweiphasenstrom liefern, der Einfachheit halber zu den Drehstromwerken gezählt worden.

Laut Tafel 2 sind für die öffentliche Stromversorgung insgesamt 608,2 Mill kWh erzeugt worden. Hiervon entfallen 33,5 Mill kWh auf den Eigenverbrauch und 83 Mill kWh auf die Verluste. Die nutzbare Stromabgabe beläuft sich demnach für 1939 auf 491,7 Mill kWh gegenüber 476 Mill kWh des Jahres 1938, d. i. eine Steigerung von 3,3 %. Mit Elektrizität sind 585 Orte versorgt, die eine Einwohnerzahl von 4,45 Mill aufweisen, d. s. 24,8 % der Einwohner des Landes. Auf die Gesamteinwohnerzahl bezogen erhält man 27 nutzbar abgegebene kWh je Einwohner.

Aus Tafel 3 ist ersichtlich, daß die drei größten Werke Rumäniens mehr erzeugen, als die übrigen 226 öffentlichen Elektrizitätswerke zusammengenommen. Wie Tafel 4 zeigt, ist die gesamte Elektrizitätserzeugung von 1939 gegenüber 1926 um annähernd das Dreifache gestiegen. Es wurde eine Jahreserzeugung von 1,2 Mrd kWh überschritten, d. i. die Zahl, die 1930 für das Jahr 1940 in Aussicht gestellt war[4]). Die Steigerung von 1938 auf 1939 beträgt rd. 5,6 %. Die Hauptbetriebswerte der größeren rumänischen Stromversorgungsunternehmungen zeigt Tafel 5.

Tafel 2. Art der Betriebskraft, Leistung und Jahreserzeugung.

Antriebsmaschinen der öffentlichen Elektrizitätswerke	Leistung kW	Leistung %	Jahreserzeugung Mill kW	Jahreserzeugung %	mittlere Jahres-Benutzungsdauer h
Wasserturbinen	30 000	10,5	110,5	19,5	3680
Dampfmaschinen und Turbinen	178 300	62,6	380,5	65,4	2130
Dieselmaschinen	74 200	26,0	88,0	15,0	1190
Gas- und Benzinmotoren . .	2 500	0,9	3,5	0,6	1400
öffentliche Elektrizitätswerke insgesamt	285 000	—	582,5	—	2040
Fremdstrom aus Eigenanlagen	—	—	25,7	—	—
Jahr 1939	—	—	608,2	—	—
Jahr 1938	—	—	592,0	—	—
Jahr 1930	—	—	304,0	—	—

Tafel 3. Erzeugung nach der verfügbaren Leistung der öffentlichen Elektrizitätswerke.

verfügbare Leistung kW	Anzahl der Werke	installierte Leistung kW	Jahreserzeugung Mill kWh	mittlere Benutzungsdauer h
1 bis 1000	201	39 500	53,5	1350
1001 bis 10 000	25	95 500	203,0	2130
über 10 000	3	150 000	326,0	2170

Tafel 4. Leistung und Erzeugung nach der Unternehmungsform.

Eigentumsverhältnis	Leistung kW	Erzeugung Mill kWh	mittlere Jahresbenutzungsdauer h
öffentliche Werke . .	285 000	582,5	2040
Eigenanlagen	260 000	630,0	2420
insgesamt 1939	545 000	1212,5	2210
,, 1938	510 000	1148,0	2240
,, 1930	307 800	550,0	1790
,, 1926	194 300	410,0	2110

Tafel 5. Stromabgabe der größeren Elektrizitätsunternehmen Rumäniens.

Elektrizitätsunternehmen	Jahr der Inbetriebsetzung	Leistung kW	Stromabgabe Mill kWh 1930	Stromabgabe Mill kWh 1939	Lichtstrompreis RM/kWh
Bukarest	1908	88 000 + 10 000	84,1	198,2	—.25
Câmpina „Concordia“	1906	65 500	—	146,8	—
Timişoara-Temeschburg	1884	13 100	16,0	25,5	—.375
Siebenbürgische E.W. A.G. „Seta“-Sibiu	1929	1168 + 5000	1,6	20,7	—,375
Sibiu-Hermannstadt	1896	5380 + 2500	12,1	17,8	—,35
Galaţi	1900	8800	5,4	17,3	—,30
Braşov-Kronstadt .	1933	5800	—	12,9	—,337

[1]) Bericht über 1938 in ETZ 61 (1940) S. 69.
[2]) 1 RM = 40 Lei.
[3]) S. a. H. Thieß, Die Elektrizitätswirtschaft Rumäniens unter Berücksichtigung der Gebietsveränderungen. ETZ 62 (1941) H. 3, S. 59.
[4]) ETZ 51 (1930) S. 1335.

Zusammenfassung

Die öffentliche Elektrizitätsversorgung Rumäniens zeigt für das Jahr 1939 weitere Fortschritte, sowohl in bezug auf die installierte Leistung mit einer Steigerung von 8,6 % gegenüber 1938 als auch hinsichtlich der Jahreserzeugung von 608 Mill kWh, d. i. eine Steigerung von rd. 3 %. Über 65 % der Jahreserzeugung entfallen auf Dampfkraftanlagen und nur 19 % auf Wasserkraftwerke. Die drei größten Elektrizitätswerke des Landes weisen 56 % der gesamten Jahreserzeugung auf. Die nutzbare Stromabgabe beträgt 492 Mill kWh, d. i. 27 kWh je Einwohner; mit Strom versorgt sind 24,8 % der gesamten Einwohnerschaft, unter Berücksichtigung der Gebietsabtretungen 27,6 %[5]). Öffentliche Elektrizitätswerke und Eigenanlagen erreichten insgesamt rd. 1,2 Mrd kWh, das entspricht einer Zunahme von 5,6 % gegenüber 1938.

[5]) Siehe Fußnote 2.

DK 621.311(044)

Energieerzeugung der Sowjetunion in den letzten 20 Jahren und ihre Weiterentwicklung. [Nach W. I. Dontschenko, Elektr. Stanzii 11 (1940) Nr. 20, S. 4; 7 S.]

Nach der Revolution im Jahre 1917 lag die russische Energieversorgung völlig darnieder. Die Ausrüstung der Kraftwerke war teils überaltert, teils abgenutzt und überholungsbedürftig. Infolge der Revolution war die Arbeitsdisziplin stark gesunken; hinzu kam die völlige Zerrüttung des Verkehrswesens, so daß die Brennstoffzufuhr stockte. So kam es, daß die Energieerzeugung, die von 1945 Mill kWh im Jahre 1913 auf 2580 Mill kWh im Jahre 1916 gestiegen war, 1920 nur noch 520 Mill kWh betrug. Um diese Zeit wurden die Stadtnetze von Moskau und Leningrad nur 3 bis 4 h täglich mit Energie versorgt und alles verfeuert, was zu haben war. 1920 wurde der Wendepunkt erreicht. Man begann mit dem Wiederinstandsetzen der alten Werke und dem Bau neuer. Hierbei wurde das Hauptgewicht auf den Bau von Überlandwerken gelegt, die örtlich vorhandene Energiequellen ausnutzen sollten. So entstand das mit Torf geheizte Werk Schatura und das Wasserkraftwerk am Wolchow. Zum Teil mußte man hierbei erst lernen, die Verbrennung minderwertiger Brennstoffe zu beherrschen, wie z. B. beim Überlandwerk Kaschira, das mit stark schwefelhaltiger und feuchter Kohle des Moskauer Beckens arbeitet.

Im Jahre 1935 stand die Sowjetunion in der Energieerzeugung an dritter Stelle nach den V. S. Amerika und Deutschland. Für 1937 wird die Gesamterzeugung der Sowjetunion mit 35 390 Mill kWh angegeben. Allerdings muß man beim Beurteilen dieser Entwicklung die natürlichen Möglichkeiten eines so großen und volkreichen Landes berücksichtigen, die das bolschewistische System niemals hat ausnutzen können; bezieht man nämlich die Energieerzeugung auf den Kopf der Bevölkerung, so rückt die Sowjetunion an eine bedeutend tiefere Stelle in der Reihe der Staaten. Für das Jahr 1937 erhält man die Zahl von 215 kWh je Einwohner gegen 735 kWh in Deutschland und 1160 kWh in den V. S. Amerika. Zur Zeit entfallen etwa 11% der Energieerzeugung auf Wasserkraftwerke. Von den Wärmekraftwerken arbeiten 76% mit örtlich vorhandenen Brennstoffen; im einzelnen entfallen auf Kohle 62,1%, Torf 23,1%, Erdöl 9,4% und Erdgas 3,7%. Für die Zukunft wird ein gesteigertes Ausnutzen der Wasserkräfte und der Brennstoffe Torf, Erdgas und des brennbaren Schiefers sowie der Windenergie gefordert. *J. S.*

DK 621.71 : 331.4 : 331.86

Die Ausbildung von jungen Mädels im Anlernberuf Teilzeichnerin. — Gewaltige konstruktive Aufgaben wurden seit 1933 in wachsendem Maße an die Elektroindustrie gestellt. Um den Ingenieur für die mannigfaltigen konstruktiven Aufgaben frei zu machen, ging die Elektroindustrie dazu über, geeignete Arbeitskräfte für einfache und schwierigere zeichnerische Tätigkeiten im Erwachsenen-Alter einzuschulen oder von der Jugendlichen-Seite her im Rahmen eines Ausbildungsvertrages auszubilden.

Das AEG-Ausbildungswesen zeigt in einer Ausstellung im AEG-Haus der Technik die Ergebnisse der Ausbildung von jungen Mädels im Arnlernberuf „Teilzeichnerin". Die Ausbildung dauert zwei Jahre und schließt mit einer Abschlußprüfung; ein größerer Teil der Mädels beendete, da sie sehr gute und gute Leistungen zeigten, die Ausbildung bereits nach 1½ bzw. 1¾ Jahren. Wie die ausgestellten Zeichnungen beweisen, sind die ausgebildeten Teilzeichnerinnen nicht nur für einfache, sondern auch für schwierigere Arbeiten einsetzbar. An einem Beispiel aus dem Elektromaschinenbau wurde der auch zeitlich bestimmte Ausbildungsgang erklärt. Hiernach besuchen die Teilzeichnerinnen im ersten Monat die AEG-Werkberufsschule und erlernen die Handhabung der Zeichengeräte, die Grundlagen des Zeichnens und des Zeichnungslesens. Anschließend werden sie durch Mitarbeit, z. B. im Konstruktionsbüro für Gleich- und Drehstrommotoren und Konstruktionsbüro der Projektenabteilung für Kraftzentralen ausgebildet. Auch die Arbeiten des Normenbüros lernen sie kennen. Während der gesamten Ausbildungszeit erhalten die jungen Mädels, abgesehen von der Berufsschulzeit, einen zusätzlichen Unterricht in der AEG-Werkberufsschule. Sie führen auch ein Werkbuch, in das sie ihre ausgeführten Arbeiten, die ihnen im Büro gegebenen Belehrungen und ihre gesammelten Erkenntnisse in Form von Skizzen, Schaltbildern usw. in Normenschrift eintragen. Nach erfolgter Ausbildung haben die Teilzeichnerinnen Gelegenheit, sich durch praktische Tätigkeit in der Werkstatt, am Schraubstock und an den wichtigsten Werkzeugmaschinen fortzubilden. Beispiele aus der sozialen Betriebsarbeit für die jungen Mädels vervollständigen das Bild der gesamten Ausbildung. *ft.*

DK 621.36 : 620.91

Ausnutzung von Sommer-Überschußenergie zur Kohleneersparnis in der Schweiz. [Nach A. Spoerli, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 564; 4 S., 1 B.]

Die durch die Kriegslage eingetretene Verknappung der Kohle in der Schweiz hat zu verschiedenen Vorschlägen geführt, um durch eine bessere Ausnutzung der vorhandenen Wasserkraftwerke einen Teil des seither durch Kohleeinfuhr gedeckten Wärmebedarfes zu befriedigen. Hierzu sollen die im Sommer nicht ausgenutzten Überschuß-Energiemengen aus den vorhandenen Wasserkraftwerken eingesetzt werden. Nach einem früheren Vorschlag von P. Seehaus[1]) sollte die seither unausgenutzte Sommerenergie in großen Wärmespeichern für den Winter gesammelt werden. Die Speicherung der Wärme sollte in großen isolierten Wasserbehältern oder direkt im Erdboden stattfinden. Im Gegensatz hierzu kommt Spoerli zu dem Ergebnis, daß die Umwandlung der Sommerenergie in Winterenergie durch Wärmespeicherung in Wasserbehältern nicht wirtschaftlich durchzuführen sei. Für die Schweiz wird eine bisher nicht ausgenutzte Sommerenergie von rd. 350 bis 400 Mill kWh im Jahre 1939 angegeben. Eine Speicherung dieser Energie in Wasserbehältern würde allein einen Aufwand von rd. 157 000 t Eisenblech im Wert von 157 Mill sfrs[2]) erfordern. Die Ersparnis an Kohle würde hierbei nur etwa 39 000 t je Jahr bzw. 1% des schweizerischen Kohleverbrauches betragen. Deshalb wird der folgende neue Vorschlag gemacht: Durchlaufende Wärmebetriebe, die seither auch im Sommer bedeutende Kohlemengen für Heizzwecke verwenden, sollen mit zusätzlichen Elektrokesseln ausgerüstet werden. Je nach der Darbietung von Überschußenergie im Sommer sollen dann diese Betriebe die vorhandenen Kessel stillegen. Mit diesem Verbundbetrieb könnte also die von den Wasserkräften im Sommer dargebotene Energie restlos ausgenutzt und damit ein Teil des Kohleverbrauchs der Industrie im Sommer durch weiße Kohle ersetzt werden. Bei einem freien Sommerüberschuß von 350 Mill kWh und einem mittleren Anschlußwert von 1000 kW je Anlage müßten bei 1400 Benutzungsstunden insgesamt etwa 250 Kesselhäuser zusätzlich mit Elektrokesseln ausgerüstet werden. Der Kostenaufwand würde rd. 13,5 Mill sfrs und der Werkstoffaufwand rd. 2500 t Eisen und 125 t Kupfer betragen. Die erzielbare Einfuhrersparnis wird mit 60 000 t Kohle je Jahr bzw. 6,6 Mill Franken angegeben. Für die Wirtschaftlichkeit wird ein maximaler Strompreis von 1 Rappen je kWh genannt. Die im Sommer gesparte Kohle könnte für den Bedarf der Gaswerke und Raumheizung im Winter gespeichert werden. Der Verfasser ist der Meinung, daß bei sofortiger Inangriffnahme der vorliegende Plan bereits bis zum Sommer 1941 ausgeführt werden könnte. *H. Rs.*

[1]) Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 317. — ETZ 62 (1941) H. 19, S. 453.
[2]) 1 RM = 58 sfrs.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker (Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus

Verlagerung von Aufträgen nach besetzten Gebieten

In letzter Zeit sind mehrfach Anfragen an die VDE-Prüfstelle gerichtet worden, ob das VDE-Zeichen bzw. die Verbandskennfäden auch für Erzeugnisse benutzt werden dürfen, die im Auftrag der Genehmigungsinhaber in Fabriken in besetzten Gebieten hergestellt werden. Hierzu teilen wir mit, daß in solchen Fällen die im besetzten Gebiet befindlichen Fabriken von der VDE-Prüfstelle als Betriebsstätten des Antragstellers bzw. des Genehmigungsinhabers im Sinne der Prüfordnung der VDE-Prüfstelle angesehen werden. Für die Herstellung von Erzeugnissen mit einem Verbandszeichen des VDE in diesen Betriebsstätten muß in jedem Fall die Erlaubnis der VDE-Prüfstelle eingeholt werden. Wir verweisen auf die Veröffentlichung der Prüfstelle in ETZ 62 (1941) H. 5, S. 105.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Dall

Sitzungskalender

Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik. 18. 7. (Fr), 18^{00}, I. Phys. Inst. Universität:

1. „Stromverzweigung und Stromverdrängung in Supraleitern". E. Justi, M. v. Laue und G. Zickner.
2. „Supraleitfähige Halbleiter mit extrem hohen Sprungtemperaturen. Demonstration des Dauerstromes in Supraleitern". E. Justi und J. Kramer.

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.396

Funktechnik. Eine Einführung in die Grundlagen durch Versuchsbeispiele. Ergänzung zu „Spannung, Widerstand, Strom". Bearb. vom Reichsinstitut für Berufsausbildung in Handel und Gewerbe. Mit 160 B. u. 124 S. im Format A 5. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1940. Preis kart. 3 RM.

Es gibt, oder besser gesagt, es gab eine ganze Anzahl von Leitfäden der Funktechnik, deren Besprechung für den Fachmann eine Qual war. Sie sind glücklicherweise vom Büchermarkt verschwunden und haben wertvollen Schriften Platz gemacht, von denen diese heute in der dritten Auflage vorliegt. Das Besondere dieses Büchleins besteht darin, daß es an Hand sehr vieler Bilder, vorwiegend von Schaltskizzen, den Leser durch zahlreiche leicht von ihm selbst ausführbare Versuche in die Grundlagen und die Praxis der Funktechnik einführt. Es ist wissenschaftlich einwandfrei und doch leicht verständlich geschrieben, aber es verlangt vom Leser ein willensstarkes Mitarbeiten, wenn er wirklich den Stoff beherrschen möchte.

Nach einer kurzen Einführung „vom Gleichstrom zum Wechselfeld", die an das grundlegende Büchlein „Spannung — Widerstand — Strom" anknüpft, folgen die Grundlagen der drahtlosen Telephonie, die sich mit den gegenseitigen Beziehungen zwischen Schall und Strom beschäftigen, an die sich ein ausführlicher Abschnitt über das wichtigste Glied, die Elektronenröhre in der Rundfunktechnik, anschließt. Die nächsten Abschnitte bringen die Ausstrahlung elektromagnetischer Wellen, den Rundfunkempfänger (einschließlich der Störungsfragen) und praktische Beispiele für Sende- und Empfangsanlagen, darunter den technischen Aufbau des Reichssenders Berlin, den Volksempfänger VE 301, den Deutschen Kleinempfänger DKE, den Aufbau und die Schaltung eines Vier-Röhren-Supers und — freilich etwas knapp — grundsätzliche Angaben über den deutschen Einheitsfernsehempfänger E 1. Ein Anhang mit erläuternden Hinweisen beschließt das Büchlein. K. Mühlbrett VDE

DK 621.3

Die große Elektro-Fibel. Eine leichtverständliche und doch gründliche Einführung in die Elektro-Technik. Von Dr.-Ing. F. Bergtold. Mit 282 B. u. 250 S. im Format A 5. Deutsch-Literar. Institut J. Schneider, Berlin-Tempelhof 1940. Preis kart. 4,50, geb. 6 RM.

Wer ohne große Kenntnisse in der Mathematik sich mit den Grundlagen der Elektrotechnik beschäftigen will, wird zweckmäßig zu dieser Elektro-Fibel greifen. Nach einer allgemein verständlichen Erläuterung des Begriffes elektrischer Strom, Elektronen, Leiter, Nichtleiter und der Stromeinheit werden die verschiedenen Stromarten wie Gleich-, Wechsel- und Drehstrom gründlich erklärt. Es folgt dann ein Kapitel über die Spannung bei den verschiedenen Stromarten und Leitungssystemen. In den folgenden Kapiteln werden das ohmsche und die Kirchhoffschen Gesetze, die elektrische Leistung und Arbeit bei Gleich-, Wechsel- und Drehstrom, die Vektoren, Vektorenbilder, Arbeitswandlung, Stromquellen, Kondensator, elektrisches Feld, Wicklungen, Spulen, Magnetfelder und Induktivitäten und deren Gesetze behandelt und durch Zahlenbeispiele zum besseren Verständnis gebracht. Daran schließen sich die Kapitel über Umspanner, Synchronmaschinen, Drehfeld, Asynchronmotoren und Gleichstrommaschinen an. Die Ergebnisse der Betrachtungen in den einzelnen Kapiteln werden am Schlusse jeden Kapitels unter dem Stichwort „Das Wichtigste" kurz zusammengefaßt. Man merkt an allen Ausführungen des Verfassers den sachkundigen Elektrotechniker und Lehrer. Das Buch ist so verständlich geschrieben, daß man es jedermann, besonders Anfängern, nur warm empfehlen kann. P. Silberbach VDE

DK 691.11 : 621.315.17

Das Holz als Rohstoff. Von Dr. R. Trendelenburg. Mit 108 B. u. 435 S. im Format 176×250 mm. J. F. Lehmanns Verlag München 1939. Preis kart. 18,— RM, geb. 19,60 RM.

Der Verfasser, der durch zahlreiche eigene Forschungen und Veröffentlichungen bekannt ist, bringt hier ein Lehrbuch der stofflichen Holzkunde, das seinem Inhalt und seiner Darstellung nach auch dem Nichtfachmann wertvolle Aufschlüsse über den Aufbau, die wesentlichen Eigenschaften und die stoffliche Verwendung des Holzes zu vermitteln geeignet ist. Der Inhalt des Buches ist so reichhaltig, daß für eine nur einigermaßen lückenlose Aufzählung der vorhandene Raum nicht ausreichen würde. Er sei deshalb nur durch einige Stichworte angedeutet: Aufbau der Zellen auf biologischer Grundlage, Zellulose, Lignin, Kern- und Splintholz, Früh- und Spätholz, Jahresringe, der wichtige Vorgang der Verkernung, Schwundmaß, Raumgewicht in seiner großen Bedeutung für die Beurteilung der Holzeigenschaften usw.

Auch in der Elektrotechnik spielt der Rohstoff Holz eine wichtige Rolle, insbesondere im Freileitungsbau, wo der Holzmast, zumal in den Ortsnetzen, wegen seiner Wirtschaftlichkeit so leicht nicht verdrängt werden wird. Über die Auswahl des Mastenholzes und die mit der Imprägnierung zusammenhängenden Fragen gibt das vorliegende Werk sehr wertvolle Aufschlüsse. So findet die vielumstrittene Frage, ob breiter oder schmaler Splint, ob grob- oder feinjähriges Holz zu bevorzugen ist, eine gründliche und klare Behandlung, ebenso wie der Ein-

fluß von Frühjahrsholz und Spätholz im Jahresring in Bezug auf Festigkeitseigenschaften und Imprägnierfähigkeit des Holzes.

Die Festigkeit des Holzes ist durch den Anteil bedingt, den das Spätholz mit seinen kleinen Lufträumen und dicken Zellwänden am Jahresring hat. Dieser hängt nicht zwangsläufig mit der Jahresringbreite zusammen. Breite Jahresringe können großen, enge einen kleinen Spätholzanteil haben, wenn auch bei engringigem Holz ein höherer Spätholzanteil vorherrscht. Da aber dieser meist erheblich unter 50% bleibt, also das Frühholz stets überwiegt, so sind die Schwankungen der Festigkeit nicht sehr groß. Ein Maß für den Anteil an fester Holzsubstanz ist das spezifische Gewicht. Bei Fichte und Kiefer ist es im Splintholz im Mittel 0,35, im Spätholz etwa 0,87. Bei 15% Spätholzanteil ist also das spezifische Gewicht derartigen Holzes rund $0{,}35 \times 0{,}85 + 0{,}87 \times 0{,}15 = 0{,}43$; im Vergleich dazu bei 35% Spätholzanteil: $0{,}35 \times 0{,}65 + 0{,}87 \times 0{,}35 = 0{,}53$. Bei Holz mit 133% höherem Spätholzanteil ist also die Festigkeit nur um 23% höher. Da die Maste mit dreifacher Sicherheit gerechnet werden, spielt also der Spätholzanteil keine ausschlaggebende Rolle. Über alle diese Fragen gibt das vorliegende Werk eingehenden Aufschluß, zum Teil auch durch eigene Untersuchungen des Verfassers.

Das Schrifttum ist sehr eingehend im Text berücksichtigt und in einem Namensregister von 626 Angaben zusammengestellt. Die bildliche und zeichnerische Darstellung sind vorzüglich. Das gleiche gilt von Druck und Ausstattung.

H. Gewecke VDE

DK 621.43

Bau und Berechnung der Verbrennungskraftmaschinen. Von Prof. O. Kraemer. 2. erweit. Aufl. Mit 203 B. u. 202 S. im Format 135 × 205 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1941. Preis geh. 6,90 RM.

Nach einleitender Betrachtung der Idealprozesse gibt der Verfasser einen Überblick über die Arbeitsweise der Verbrennungskraftmaschinen und zeigt die Wege, die die Entwicklung zum heutigen Stande der Technik genommen hat. In anschaulicher, zum Nachdenken anregender Weise werden die vielfältigen Probleme des Motorenbaues besprochen, rechnerisch untersucht und an zahlreichen Beispielen erläutert. Ein besonderer Abschnitt behandelt das Kräftespiel in der Kolbenmaschine, Massenausgleich, Ungleichförmigkeitsgrad und kritische Drehzahlen. Eine kurze geschichtliche Übersicht beschließt die Ausführungen.

Bei der Bearbeitung der erweiterten 2. Auflage des handlichen, preiswerten Buches, das sich dank der fesselnden, knappen und doch recht umfassenden Darstellung des Stoffes bereits einen größeren Leserkreis gesichert hat, war der Verfasser mit Erfolg bemüht, die in den letzten Jahren erzielten Fortschritte des Motorenbaues gebührend zu berücksichtigen. Die Zahl der Bilder wurde beträchtlich vermehrt; einzelne Abschnitte, z. B. Gestaltung und Berechnung der Einspritzorgane von Dieselmaschinen, sind weiter vertieft worden. Für den Entwurf von Motorenteilen wird eine Fülle von wertvollen Fingerzeigen geboten.

Das Buch kann insbesondere dem angehenden Motorenbauer zum Studium empfohlen werden. Werner Tetzlaff

DK 331.86

Grundlehrgang für die metallbearbeitenden Berufe. Erarb. vom Reichsinstitut für Berufsausbildung im Handel und Gewerbe. 3. Aufl. Sammelmappe mit 8 S. u. 46 Blatt m. B. im Format A 4. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1940. Preis 3,40 RM.

Der Deutsche Ausschuß für Technisches Schulwesen (Datsch) hatte sich bis zum Jahre 1918 darauf beschränkt, in wenigen jährlichen Sitzungen den Mitgliedern Vorträge über Probleme des Ausbildungswesens zu bieten und Aussprachen zu veranstalten. Gedruckte Berichte faßten die Vorträge und Richtlinien zusammen. Das wurde für die Einführung planmäßiger Ausbildung in weitere Kreise der Industrie als unzureichend erkannt, und im Jahre 1919 gab der Datsch den ersten Lehrgang für Maschinenschlosser mit einer Sammlung von Lehrgangszeichnungen heraus, der schnell überall Eingang fand. Er erleichterte besonders den Firmen, die mit der Lehrlingsausbildung beginnen oder sie besser gestalten wollten, die Vorbereitungsarbeiten und vermittelte den Lehrmeistern die an vielen Stellen gesammelten Erfahrungen. Lehrgänge für weitere Berufe folgten. Mit den Lehrgängen entstanden die ersten Berufsbilder, die nun seit Jahren für sich als kurzgefaßte textliche Richtlinien die Grundlage für die Anerkennung von Lehr- und Anlernberufen geworden sind.

Schon in den Lehrgängen konnte man zwischen einer Grundausbildung während des ersten Teiles der Lehrzeit und einer Fachausbildung unterscheiden. Die weiteren Bestrebungen gingen nun dahin, die Grundausbildungen z. B. für Berufe der Metallbearbeitung einheitlich zu gestalten, damit die Lehrlinge verwandter Berufe, z. B. Maschinenschlosser, Mechaniker, Feinmechaniker, Werkzeugmacher, Elektroinstallateur, Betriebselektriker u. a. m. danach gemeinsam ausgebildet werden konnten. Erst in der Fachausbildung ging jeder Beruf seine eigenen Wege. Der Datsch gab deshalb einen Grundlehrgang für die metallbearbeitenden Berufe heraus, der nunmehr in drittter Auflage beim Reichsinstitut für Berufsausbildung in Handel und Gewerbe erschienen ist. Er gibt zunächst Übersichten über die vorgeschlagenen Arbeiten und über die Fertigkeiten, die dabei geübt werden, und dann in 43 Blättern eine zeichnerische Darstellung der Arbeiten selbst. Während früher nur werkstattgerechte Zeichnungen mit den Arbeitsgängen geboten wurden, sind hier auch die vorteilhaftesten Werkzeuge aufgeführt, und die Arbeitsstufen sind oft durch perspektivische Skizzen anschaulich erläutert. Das Ganze ist wiederum eine Gemeinschaftsarbeit von Fachleuten, Ausbildern und Lehrmeistern. Nur Bewährtes, form- und normgerecht Dargestelltes ist hier zusammengetragen. Auch wenn einige Arbeiten durch produktive Gegenstände des Ausbildungsbetriebes ersetzt werden sollen, behalten die Erläuterungen ihren Wert.

Dieser Grundlehrgang hat im Laufe der letzten Jahre eine noch erhöhte Bedeutung gewonnen, weil er sich ganz oder teilweise auch für die Umschulung erwachsener Männer und Frauen sowie für die Anlernberufe eingeführt hat. Nicht nur die Berufsbilder für die metallbearbeitenden Berufe enthalten diese Grundfertigkeiten, auch für Berufe anderer Industriezweige, z. B. Papiermacher, Kabelverleger u. a. m., die an ihren Maschinen einfache Instandsetzungsarbeiten müssen ausführen können, ist er vorgeschrieben, wenn auch in verkürzter Form. Die Zeichnungen sind deshalb in loser Blattform zur Auswahl beim Gebrauch in eine Mappe zusammengelegt.

Die wertvolle Arbeit, die sehr viel Gedanken- und Erfahrungsgut enthält, kann nicht nur den Betrieben, sondern auch Berufs- und Fachschulen empfohlen werden. A. Heilandt

EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher

Einführung in die Dinormen. Bearbeitet von Ing. W. Zimmermann und Dipl.-Ing. E. Böddrich in Gemeinschaft mit dem Reichsinstitut für Berufsausbildung in Handel und Gewerbe. 8. Aufl. Mit 435 B., VII u. 216 S. im Format A 5. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1941. Preis kart. 3,20 RM.

[Die 8. Auflage ist gegenüber der 6. Auflage[1]) auf den neuesten Stand des deutschen Normenwerkes ergänzt. In dem Abschnitt „Normung in der Elektrotechnik" wurden besonders die neu erschienenen Normen für Schaltzeichen und -pläne berücksichtigt. Im Hinblick auf die Maßnahmen des Staates zur Leistungssteigerung wird die vorliegende „Einführung in die Dinormen" weiten Kreisen ein wertvoller Helfer sein.]

Wgn.

La Obra de la Comision Nacional de Irrigacion durante el Regimen del Sr. Gral. de Division Lazaro Cardenas 1934—1940. Bd. 1 u. 2. Herausgeber: Estados Unidos Mexicanos. Mit zahlr. Bildern u. Plänen, 275 bzw. 574 S. im Format 190 × 260 mm. Mexico, D. F. 1940.

[1]) Vgl. ETZ 60 (1939) S. 64.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. R. Holm, Berlin-Siemensstadt, Im Heidewinkel 14 d

Regierungsbaurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE, Berlin-Siemensstadt, Goebelstr. 117

Dipl.-Ing. G. Poppović VDE, Berlin-Charlottenburg 1, Brahestr. 21 (Pfeiffer)

Dipl.-Ing. H. Thiess, Hermannstadt-Sibiu (Rumänien), Str. Goblinus Nr. 1

Abschluß des Heftes: 11. Juli 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 24. Juli 1941 | Heft 30

Die Bedienungseinrichtung der Unterdruckkammer mit Sicherheits- und Programmsteuer-Anlage

Von W. Kroop VDE, Potsdam

DK 623.74 : 531.787.9 : 621.316.37

Übersicht. Beim Aufstieg in größere Höhen stellt sich bei den Flugzeugbesatzungen die Höhenkrankheit ein, die eine große Gefahr darstellt und entsprechende Gegenmaßnahmen erfordert. Nach allgemeinen Ausführungen über den Höhenflug und die Höhenkrankheit wird auf die entsprechenden Bodenversuche und die hierfür erforderlichen Anlagen, insbesondere die Unterdruckkammer der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, näher eingegangen. Die zugehörige elektrische Bedienungs- und selbsttätige Überwachungsanlage wird beschrieben. Eine Sondereinrichtung, welche die genaue Durchführung von Reihenuntersuchungen ermöglicht, wird hervorgehoben.

Vorteile des Höhenfluges

Für die Entwicklung der Luftfahrt ist die Möglichkeit, Flüge in großen Höhen durchführen zu können, von größter Bedeutung, da bei Verwenden eines entsprechenden Triebwerkes die Wirtschaftlichkeit derartiger Flüge viel größer ist als bei Flügen mit normalem Triebwerk in Bodennähe. Für die Luftwaffe kommt zu dem wirtschaftlichen noch der militärische Vorteil hinzu, daß dem Feind das Erkennen der in großer Höhe fliegenden Flugzeuge erschwert ist und diese Flugzeuge außerdem der feindlichen Bodenabwehr entzogen sind. Alle diese Vorteile waren wichtige Gründe, um die Entwicklung der Flugzeuge sowohl für die zivile Luftfahrt als auch im besonderen für die Luftwaffe mit größter Energie in der Richtung weiterzutreiben, immer günstigere Flugleistungen in großen Höhen zu schaffen.

Besonders bei der Luftwaffe sind damit zusammenhängend gleichzeitig mehrere Aufgaben zu erfüllen:

1. ist es wichtig, die große Höhe überhaupt zu erreichen und dabei eine möglichst große Steiggeschwindigkeit zu erzielen;
2. sollen in der Höhe längere Strecken zurückgelegt werden können, wobei eine möglichst große Reisegeschwindigkeit angestrebt werden muß;
3. am Ziel bzw. beim Angriff muß ein schneller Abstieg aus der Höhe erfolgen, bei dem besonders bei den Sturzbombern größte Geschwindigkeiten auftreten.

Diese verschiedenen Aufgaben stellen nun nicht nur an die Flugzeuge selbst mit allen ihren Einrichtungen hohe Anforderungen, sondern in ganz besonderem Maße auch an die Besatzungen.

Höhenkrankheit, Höhenversuche

Bei Erreichen einer Höhe von etwa 4000 bis 5000 m tritt die sogenannte Höhenkrankheit auf, die mit ihren verschiedenen Folgeerscheinungen die Besatzungen schließlich aller Fähigkeiten zur weiteren Führung des Flugzeuges und Erfüllung ihrer sonstigen Aufgaben beraubt. Durch den Sauerstoffmangel treten im allgemeinen etwa folgende Erscheinungen auf:

Vermindern der körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeiten, nicht selten beginnend mit der Alkoholeinwirkung ähnlichen Erscheinungen, wie Steigern des Selbstgefühls, Leichtsinn, Nachlassen der normalen Leistungen der Sinnesorgane, des Gedächtnisses, des Konzentrationsvermögens und allgemein aller Arbeitsfähigkeit.

Die anfänglich vorhandenen Erscheinungen gehen bei Erreichen größerer Höhen in Müdigkeit und schließlich in Bewußtlosigkeit über.

Die „Störungsschwelle", bei der die ersten Anzeichen der Höhenkrankheit auftreten, und auch die Stärke und der Ablauf der einzelnen Erscheinungen, sind individuell verschieden. Es ist daher zweckmäßig, die Flugzeugbesatzungen, bevor sie derartige Flüge unternehmen und sich der damit verbundenen Gefahr aussetzen, bereits am Boden einem „Höhenversuch" zu unterziehen. Dieser Versuch hat im wesentlichen den Zweck der Belehrung über die Höhenwirkung und soll dem Betreffenden zeigen, wie sich die ersten Zeichen des Sauerstoffmangels bemerkbar machen und welchen Verlauf die Höhenkrankheit gegebenenfalls bei ihm nehmen kann. Außerdem gibt der Versuch die Möglichkeit, völlig ungeeignete Personen bereits zu erkennen.

Die wesentlichste Aufgabe derartiger Prüfungen ist neben der Beobachtung des allgemeinen Ablaufes:

1. Diejenige Höhe festzustellen, bei welcher die Beeinflussungen bzw. die Schädigungen einen solchen Umfang annehmen, daß die sichere Durchführung der von dem Untersuchten im Flugzeug auszuübenden Tätigkeit nicht mehr gewährleistet ist, oder
2. die Bestimmung der Zeitreserve, das ist die Zeit, die nach Unterbrechen der Sauerstoffzufuhr dem Betroffenen noch zur Verfügung steht, um eine etwa in der Sauerstoffzufuhr entstandene Störung zu beseitigen.

Unterdruckkammer

Zur Durchführung derartiger Untersuchungen unter Höhenverhältnissen wird meist die „Unterdruckkammer" benutzt. Sie besteht im wesentlichen aus einem begehbaren eisernen Kessel, der mit Hilfe einer Pumpenanlage ausgepumpt werden kann. Durch eine an den Hauptkessel angebaute Schleusenkammer können Personen während der Versuche von außen in die Hauptkammer oder umgekehrt geschleust werden. Die Hauptkammer enthält unter anderem Sitzgelegenheiten, Atemgeräte, Sicherheitseinrichtungen, Telephon, Beleuchtung usw. Außerhalb der

Kammer befindet sich als wesentlichstes Zubehör die Pumpenanlage mit der Bedienungseinrichtung.

Im folgenden soll auf die an eine derartige Bedienungseinrichtung zu stellenden Anforderungen und im besonderen auf die für die Unterdruckkammer der DVL entwickelten diesbezüglichen Anlagen näher eingegangen werden.

Die Steuerung der gesamten Anlage, Ein- und Ausschaltung der Pumpen, Einstellung der gewünschten Höhe, Regelung der Auf- und Abstiegsgeschwindigkeit, Versuchsdauer usw., erfolgt grundsätzlich von außen, da die Kammerinsassen möglicherweise aus den oben aufgeführten Gründen unfähig sind. Außerdem muß bei dem Versuch selbst stets ein besonderer für die „Flieger-Tauglichkeitsuntersuchungen" zugelassener Arzt zugegen sein, der sich ebenfalls in der Kammer befindet, aber durch Atemgerät vor der Höhenkrankheit geschützt ist.

Bild 1. Bedienpult der Unterdruckkammer, Aufsicht auf die Platte.

Die elektrische Steueranlage für die Unterdruckkammer

Die Steuerung sämtlicher zur Unterdruckkammer gehörenden Einrichtungen und Anlagen geschieht fast ausschließlich elektrisch. Die gesamte Steueranlage besteht im wesentlichen aus folgenden Teilen:

Sicherheitseinrichtung

Mit Rücksicht auf die für alle Kammerinsassen bei den Versuchen bestehende Gefahr müssen bei der Bedienungseinrichtung verschiedene Maßnahmen berücksichtigt werden, die als „Sicherheitseinrichtung" zusammengefaßt sind[1]).

a) Abstellmöglichkeit:
Die Kammerinsassen müssen die Möglichkeit haben, den Versuch jederzeit unterbrechen zu können und die Kammer wieder auf atmosphärischen Druck zu bringen.

b) Öffnen der Tür:
Es muß die Gewähr bestehen, daß nach dem Abstieg die Kammertür unbedingt offen ist.

c) Höhenbegrenzung:
Es ist ein Schutz vorzusehen, daß die Kammer nicht über eine vor dem Versuch einstellbare höchste Höhe ausgepumpt werden kann.

d) Totmannanlage:
Durch eine objektive Überwachungseinrichtung muß die Kammer bei Ausfall des Versuchsleiters in der Kammer selbsttätig abgeschaltet und auf atmosphärischen Druck gebracht werden. Diese Anlage ist besonders wichtig, wenn zu Forschungszwecken Höhen über 10 bis 11 km aufgesucht werden sollen, da es in diesen Höhen auch bei Benutzung von Atemgeräten durch Undichtigkeiten der Masken usw. zu Höhenkrankheitserscheinungen der Kammerinsassen kommen kann.

Bedienungsanlage

Auf dem Steuerpult außerhalb der Kammer ist die Bedienungsanlage für die Kammer zusammengefaßt, die im wesentlichen folgende Schaltmöglichkeiten gestattet:

a) Ein- und Ausschalten der Sicherheitseinrichtung und damit „Bereitstellung und Abschaltung" der Pumpenanlage.

b) Ein- und Ausschalten der Pumpen sowie der übrigen noch vorhandenen Hilfsantriebe, der Beleuchtung usw.

c) Besondere Abschaltmöglichkeit für das Frischluftventil.

d) Ventile für die verschiedenen Rohrleitungen zwischen der Pumpenanlage und der Kammer, der Verbindungsleitung zwischen Hauptkammer und Schleuse, der Belüftungsleitungen beider Kammern usw.

e) An Überwachungsgeräten für die Kammer sind auf dem Steuerpult ferner vorgesehen: ein Höhenmesser, eine Stoppuhr und ein Flugzeugvariometer zur Anzeige der Steiggeschwindigkeit.

Das zur Unterdruckkammer der DVL gehörige Bedienpult zeigt Bild 1. Es ist unmittelbar neben der Kammer aufgestellt.

Programmsteueranlage

Während die oben aufgeführten Anlagenteile, die allgemeine Bedienungs- und die Sicherheitseinrichtung, bei jeder Unterdruckkammer erforderlich sind, ist für die Unterdruckkammer der DVL außerdem eine „Programmsteuereinrichtung" vorgesehen. Diese Anlage hat folgenden Zweck:

1. Bei der Durchführung einer großen Zahl gleichartiger Versuche kann der Versuchsverlauf vorher eingestellt werden, so daß die Gewähr besteht, daß sämtliche Versuche gleichmäßig ablaufen.
2. Diese Anlage gestattet außerdem, länger dauernde technische Versuche, bei denen in der Kammer keine Personen anwesend sind, ohne dauernde Aufsicht selbsttätig durchzuführen.

Im einzelnen bestehen dabei folgende Möglichkeiten:

a) Gleichmäßiger Auf- und Abstieg:
Je nach der gewünschten Geschwindigkeit kann die Anzahl der Pumpen durch Einzelschaltung gewählt werden. Außerdem kann mit Hilfe der Ventile in den Rohrleitungen gedrosselt werden. Für den Abstieg ist dies die alleinige Regelmöglichkeit.

b) Höhenbegrenzung:
Bei der einstellbaren höchsten Höhe kann entweder die Sicherheitseinrichtung ansprechen und die Kammer sofort belüften, wie dies oben bereits angegeben wurde, oder aber es werden zunächst nur die Pumpen abgeschaltet, so daß ein einstellbarer Aufenthalt auf der Höhe erfolgt und erst dann der Abstieg einsetzt.

c) Unterbrochener Aufstieg:
Für die Durchführung unterbrochener Aufstiegsversuche besteht die Möglichkeit, während des Aufstiegs bis zu 7 Stufen einzuschalten, bei deren Erreichen die Pumpen abgeschaltet und erst nach einer einstellbaren Pause wieder eingeschaltet werden. Bei dieser häufigsten Aufstiegsart kann dann außerdem der Aufenthalt auf der höchsten Höhe eingestellt werden.

[1]) Brünner, Luftfahrtmedizin, II. Bd. (1938) S. 90.

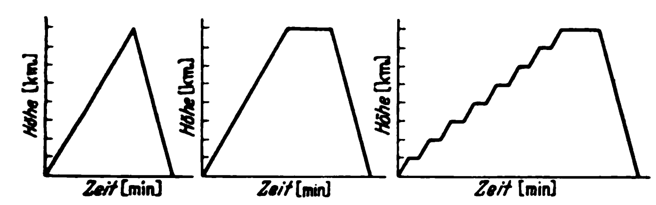


Bild 2. Höhen-Zeit-Diagramme der verschiedenen Versuchsarten.

Bild 2 zeigt die Höhen-Zeit-Diagramme für die verschiedenen mit der Programmsteuereinrichtung durchführbaren Versuchsarten.

Arbeitsweise und Ausführung der Sicherheits- und Programmsteuereinrichtung

Die Arbeitsweise der Sicherheits- und Programmsteuereinrichtung geht aus der Schaltung Bild 3 hervor, die als abgewickeltes Schaltbild dargestellt ist. Die nachstehenden eingeklammerten Zahlen sind die Nummern des jeweiligen Stromkreises.

Warnanlage zum Öffnen der Kammertür

Die Sicherheit, daß die Kammertür bei Abstieg geöffnet ist, wird dadurch erreicht, daß beim Aufstieg auf etwa 1000 m Höhe eine optische und akustische Warnung gegeben wird. Diese Signale können erst durch Drücken eines Druckknopfes neben der Kammertür abgeschaltet werden. Der Bedienende muß sich hierbei darüber klar sein, daß er diesen Knopf erst betätigen darf, nachdem er die Türverschlüsse geöffnet hat. Bei größeren Höhen schließt die Tür von selbst infolge des Druckunterschiedes.

Im einzelnen arbeitet die Anlage wie folgt:

Der Höhenkontakt H_1 öffnet bei etwa 1000 m und bringt dadurch das Wischrelais *WR* zum Abfallen (Stromkreis *19*). *WR* schaltet das Hilfsrelais HR_1 kurzzeitig ein (*20*), das sich dann über seinen Arbeitskontakt selbst hält (*21*). Mit dem Relais werden gleichzeitig die Meldelampe L_1 und der Summer Su_1 eingeschaltet. Die Abschaltung geschieht durch Drücken des Druckknopfes *KT* an der Kammertür (*21*).

HR_1 schaltet gleichzeitig das Zeitrelais Z_1 ab (*22*), das nach 1,5 min die gesamte Anlage außer Betrieb setzt, wenn HR_1 nicht innerhalb dieser Zeit abgeschaltet wurde. Der Kontakt von HR_1 im Stromkreis (*23*) unterbindet die normalerweise von Z_1 betätigte optische und akustische Meldung (siehe nächsten Abschnitt).

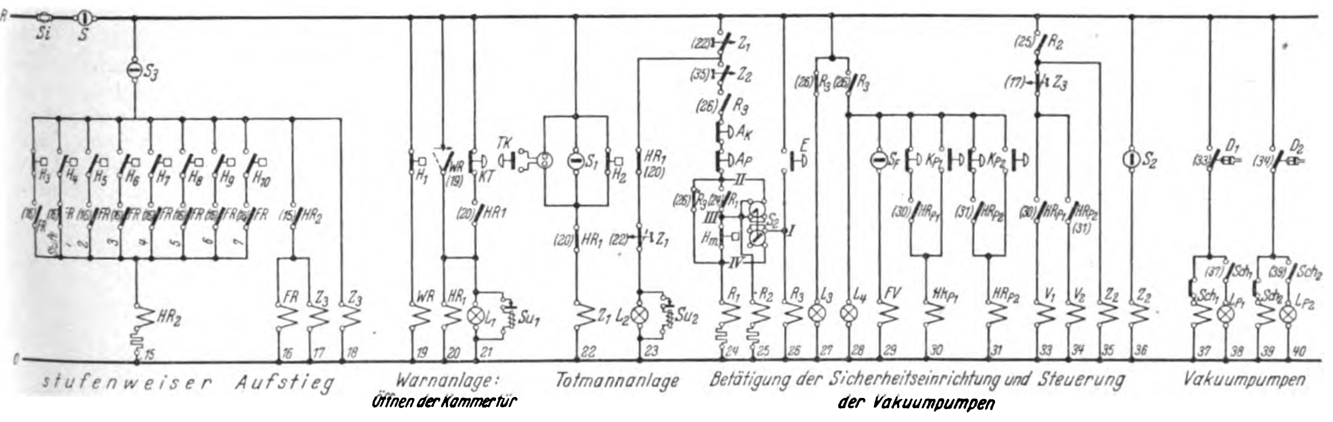
Totmannanlage

Wie oben angegeben, soll die Totmannanlage fortlaufend feststellen, ob der Versuchsleiter in der Kammer noch voll arbeitsfähig ist. Dies wird dadurch ermöglicht, daß in der Kammer in Abständen von 1 min ein optisches und akustisches Signal gegeben werden. Diese Signale muß der Versuchsleiter durch Betätigen eines Druckknopfes abstellen, den er in der Hand behält oder vor sich auf den Tisch legt. Wird dieser Druckknopf infolge der Unfähigkeit des Versuchsleiters nicht betätigt, so erfolgt eine halbe Minute nach den Signalen die Abschaltung der Anlage und Belüftung der Kammer.

Die Anlage kann mit dem Schalter S_1 (*22*) wahlweise eingeschaltet oder außer Betrieb genommen werden. Bei Einschaltung tritt sie oberhalb einer Höhe von etwa 2000 m in Tätigkeit.

Im einzelnen arbeitet die Anlage folgendermaßen:

Bei Inbetriebnahme der Totmannanlage muß der Schalter S_1 geöffnet sein. Das Zeitrelais Z_1 ist dann über den Höhenkontakt H_2 des Vakuummanometers eingeschaltet. H_2 öffnet bei Erreichen einer Höhe von etwa 2000 m und läßt dadurch Z_1 abfallen (*22*). Dieses Z_1 besitzt zwei Kontakte, von denen der eine nach Abschalten des Relais mit einer Verzögerung von 1 min schließt und dadurch die Meldelampe L_2 und den Summer Su_2 in der Kammer einschaltet (*23*). Wird dann der Schnurdruckknopf *TK* in der Kammer betätigt, so zieht Z_1 wieder an und beginnt nach Loslassen von *TK* gleich wieder abzufallen. Nach einer weiteren Minute werden also die Warnsignale erneut gegeben. Wird *TK* nicht betätigt, so fällt Z_1 weiter ab und sein zweiter Kontakt schaltet nach einer zusätzlichen halben Minute die Anlage ab (*24*).



A_K Druckknopf „Sicherheitsanlage aus" als „Notdruckknopf" in der Kammer
A_P Druckknopf „Sicherheitsanlage aus" auf dem Bedienpult
D_1, D_2 Kühlwasser-Druckwächter für die Vakuumpumpen
E Druckknopf „Sicherheitsanlage ein" auf dem Bedienpult
FR Fortschaltrelais für stufenweisen Aufstieg
FV Frischluftventil
H_1 Höhenkontakt, Vakuummeter, geschlossen unterhalb 1000 m
H_2 Höhenkontakt, Vakuummeter, geschlossen unterhalb 2000 m
H_3 Höhenkontakt, Vakuummeter, geschlossen unterhalb 1000 m
H_4 bis H_{10} Höhenkontakte für stufenweisen Aufstieg
H_m Höhenkontakt, Vakuummeter für maximale Höhe
HR_1 Hilfsrelais für Warnanlage
HR_2 Hilfsrelais für stufenweisen Aufstieg
HR_{P_1}, HR_{P_2} Hilfsrelais für Einschaltung der Vakuumpumpen
K_{P_1}, K_{P_2} Druckknöpfe zum Schalten der Vakuumpumpen
KT Druckknopf zum Quittieren des Öffnens der Kammertür
L_1 Warnlampe zum Öffnen der Kammertür
L_2 Meldelampe für Totmannanlage
L_3 Meldelampe „Sicherheitsanlage aus"
L_4 Meldelampe „Sicherheitsanlage ein"
L_{P_1}, L_{P_2} Meldelampen „Vakuumpumpen ein"
R_1 Hilfsrelais für R_2
R_2 Abschaltrelais für die Vakuumpumpen bei Aufenthalt auf der Höhe
R_3 Sicherheitsrelais für die Bereitstellung und Abschaltung der Anlage
S Hauptschalter
S_1 Wahlschalter für Totmannanlage
S_2 Wahlschalter für Wirkung des maximalen Höhenkontaktes
S_3 Wahlschalter für stufenweisen Aufstieg
S_i Sicherung
S_F Schalter für Frischluftventil
Sch_1, Sch_2 Schütze für Antriebsmotoren der Vakuumpumpen
Su_1 Summer der Warnanlage
Su_2 Summer der Totmannanlage
TK Schnurdruckknopf zur Betätigung der Totmannanlage
WR Wischrelais
Z_1 Zeitrelais der Totmannanlage
Z_2 Zeitrelais für Aufenthalt auf der Höhe
Z_3 Zeitrelais für Pausen beim stufenweisen Aufstieg

Bild 3. Schaltbild der Sicherheitseinrichtung und Programmsteuerung.

Schaltung der Vakuumpumpen und des Frischluftventils, Höhenbegrenzung

Dieser Teil der Anlage enthält außer der Einrichtung für die Ein- und Ausschaltung der Pumpen und des Frischluftventils von Hand die selbsttätige Abschaltmöglichkeit durch die Sicherheitseinrichtung sowie den Teil der Programmsteuerung, der mit der einstellbaren höchsten Höhe zusammenhängt. Zur Einstellung der verschiedenen Betriebsarten im Zusammenhang mit der einstellbaren höchsten Höhe dient der Umschalter S_2 (*25*) mit folgenden Schaltmöglichkeiten:

Stellung 1, sofortige Abschaltung der Anlage bei Erreichen der höchsten Höhe,
Stellung 2, Höhenkontakt außer Betrieb,
Stellung 3, Aufenthalt auf der Höhe,
Stellung 4, Höhenkontakt außer Betrieb.

Die Ein- und Ausschaltung der Pumpen geschieht mit Hilfe von Druckknöpfen auf dem Bedienpult, wobei nacheinander die Wasserkühlung und selbsttätig die betreffende Pumpe eingeschaltet werden.

Im einzelnen arbeitet dieser Teil der Anlage wie folgt: Die Relais R_1, R_2 und R_3 in den Stromkreisen (*24* bis *26*) haben folgende Aufgaben. R_1 ist ein empfindliches Hilfsrelais, das von dem Höhenkontakt H_m betätigt wird, der auf die gewünschte höchste Höhe eingestellt ist. Das Relais dient vor allem zum Abschalten des Relais R_2, welches dann die Abschaltung der Pumpen übernimmt (*33* bis *35*), wenn S_2 in Stellung *3* steht. R_3 ist das eigentliche Sicherheitsrelais, bei dessen Abschaltung sowohl die Pumpen als auch das Frischluftventil außer Betrieb gesetzt werden, wodurch dieses öffnet und die Kammer belüftet (*29* bis *32*). R_3 betätigt gleichzeitig die Meldelampen L_3 und L_4 (*27* und *28*), die die Bereitstellung bzw. die Abschaltung der Sicherheitseinrichtung anzeigen.

Die Sicherheitseinrichtung wird mit dem Druckknopf E (*26*) eingeschaltet. Die drei Relais R_1, R_2 und R_3 halten sich dann selbst über die Arbeitskontakte von R_1 und R_3 im Haltestromkreis (*24*). In diesem Stromkreis liegen auch alle übrigen Abschalteinrichtungen für die gesamte Anlage, wie:

Zeitrelais Z_1 von der Totmannanlage,
Zeitrelais Z_2, das den Aufenthalt auf der Höhe begrenzt, sowie die Ausdruckknöpfe auf dem Pult und in der Kammer.

In den verschiedenen Stellungen von S_2 werden folgende Schaltungen hergestellt:

Stellung 1 Verbindung der Punkte *I* mit *III*: Bei Ansprechen von H_m werden alle drei Relais abgeschaltet (in Bild 3 dargestellt).

Stellung 2 Verbindung der Punkte *I* mit *III* mit *IV*: H_m ist überbrückt und hat keinen Einfluß auf die Schaltung.

Stellung 3 Verbindung der Punkte *I* mit *II*: Bei Ansprechen von H_m werden nur die Relais R_1 und R_2 abgeschaltet.

Stellung 4 Verbindung der Punkte *I* mit *III* mit *IV* wie Stellung 2.

Die Vakuumpumpen werden durch die Druckknöpfe K_{P_1}, K_{P_2} usw. eingeschaltet, die zunächst über die Hilfsrelais HR_{P_1}, HR_{P_2} (*30*, *31*) Kühlwasserventil V_1, V_2 (*33*, *34*) in Betrieb setzen. Sobald das Kühlwasser fließt, schalten die Kühlwasserdruckwächter D_1, D_2 die Schütze Sch_1, Sch_2 der Vakuumpumpen und entsprechende Meldelampen L_{P_1}, L_{P_2} ein (*37* bis *40*).

Bei Aufenthalt auf der höchsten Höhe schaltet R_2 die Wasserventile und dadurch die Vakuumpumpen ab (*33*). Zusammen mit den Wasserventilen V wird das Zeitrelais Z_2 abgeschaltet (*35*), das nach der eingestellten Aufenthaltszeit die gesamte Anlage abschaltet (*24*).

Bei stufenweisem Aufstieg schaltet das Zeitrelais Z_3 während der einstellbaren Pausenzeiten die Wasserventile und die Vakuumpumpen ab (33).

Einrichtung für stufenweisen Aufstieg

Für die Einstellung der verschiedenen Höhenstufen sind wie bei den anderen Höhenkontakten Röhrenfeder-Vakuummeter vorgesehen. Sie schalten über ein Fortschaltrelais von Stufe zu Stufe weiter, wobei jedesmal die am Zeitrelais Z_3 eingestellte Pause zwischengeschaltet ist. Mit dem Schalter S_3 kann diese Anlage wahlweise in bzw. außer Betrieb genommen werden. Im einzelnen arbeitet diese Anlage wie folgt:

Bei Erreichen der bei H_4 eingestellten Höhe schließt dieser Höhenkontakt, das Hilfsrelais HR_2 zieht an (*15*). Dieses schaltet das Fortschaltrelais *FR* und das Zeitrelais Z_3 ein (*16* und *17*). *FR* schaltet dadurch eine Stufe weiter (*15*). Da aber der zu dieser neuen Stufe gehörige Kontakt H_5 noch offen ist, fällt HR_2 und durch dieses *FR* und Z_3 wieder ab. Z_3 schaltet die Vakuumpumpen ab (*33*, siehe oben), bis es nach der eingestellten Verzögerungszeit ebenfalls abfällt und die Pumpen wieder anlaufen läßt. Derselbe Vorgang wiederholt sich, sobald die Höhe von H_5 erreicht ist.

Ausführung der Sicherheits-Programmsteuereinrichtung

Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit der Anlage und die bei ihrem Versagen bestehende Gefahr für die Kammerinsassen wurde auf eine solide und zuverlässige Ausführung besonderer Wert gelegt. In diesem Zusammenhang ist besonders wichtig, daß für die einzelnen Anlagenteile ausschließlich normale und handelsübliche Geräte verwendet wurden, die sich bereits in vielen anderen Anlagen als einwandfrei erwiesen haben. Dies gilt in besonderem Maße für die Antriebe der Höhenkontakte, wofür normale Röhrenfeder-Vakuummeter vorgesehen wurden.

Dadurch ist insbesondere eine Verbindung zwischen Kammer und offenen Quecksilbergefäßen vermieden und damit auch die Gefahr, daß bei irgendwelchen Störungen Quecksilber in die Kammer gelangen kann. Eine einmal mit Quecksilber verseuchte Kammer kann zu schweren Gesundheitsstörungen der ständig in der Kammer arbeitenden Ärzte führen.

Den Aufbau der Anlage und ihre Anordnung im Steuerpult zeigt Bild 4. Es läßt erkennen, daß die Bedienung der Anlage für die Wahl der verschiedenen Schaltzustände einfach und übersichtlich ist. Die Ein-

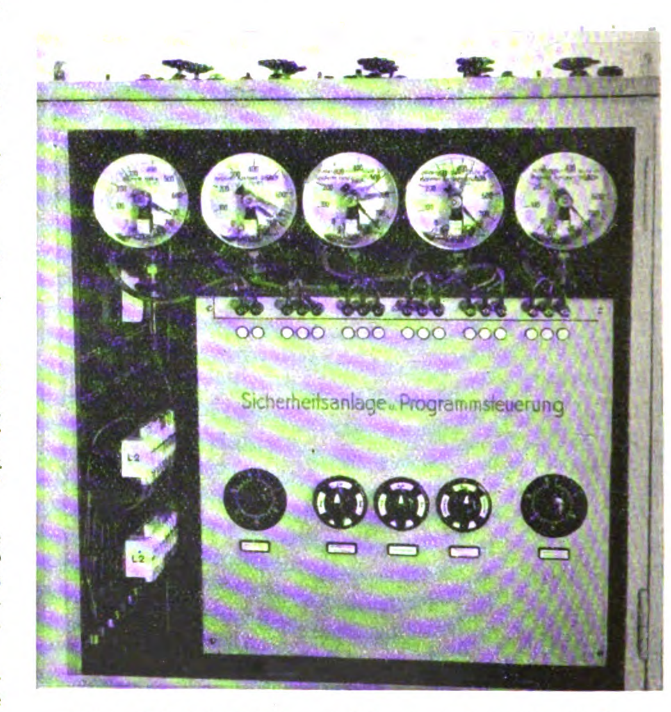


Bild 4. Sicherheitseinrichtung und Programmsteueranlage im Pult.

stellung der verschiedenen Höhenstufen macht keine Schwierigkeiten und erfolgt in der bei den Manometern üblichen Weise. Das Ein- bzw. Abschalten der einzelnen Teile der Sicherheits- und Programmsteuer-Einrichtung geschieht mit Hilfe der drei in der Mitte sichtbaren Schalter.

Die beschriebenen Einrichtungen haben sich bei der Unterdruckkammer der DVL im Laufe zweier Betriebsjahre bewährt.

Zusammenfassung

Die beschriebenen Höhenversuche erfordern verschiedene Sicherheitsmaßnahmen, die das Bedienungspersonal der Unterdruckkammer in seiner verantwortungsvollen Arbeit unterstützen und das Leben der Kammerinsassen schützen sollen. Die verschiedenen Sicherheitseinrichtungen bedingen im wesentlichen den Aufbau der beschriebenen elektrischen Steuerung. Außer der normalen Abstellmöglichkeit ist eine Kontrolle der Öffnung der Kammertür, eine Höhenbegrenzung und eine sogenannte Totmannanlage erforderlich. Außerdem enthält die beschriebene Anlage noch eine Programmsteuereinrichtung, mit der ein bestimmter Ablauf des Versuches vorher eingestellt werden kann, der sich dann selbsttätig vollzieht. Diese Einrichtung bringt gewisse Vorteile bei der reihenweisen Durchführung von gleichartigen Versuchen.

Die Entwicklung von magnetischen Rissesprüfern

Von E. A. W. Müller, Berlin

DK 620.179.141

Übersicht. Die Prüfverfahren mit Längs- und Quermagnetisierung werden beschrieben. Ein Prüfgerät mit auswechselbaren Einspannvorrichtungen und herausfahrbarem Hochstromeinsatz sowie Prüfgeräte mit verschiebbaren Magnetschenkeln und selbsttätiger Einspannung werden behandelt, danach Prüfgeräte mit Benutzung von remanentem Magnetismus beschrieben. Schließlich werden Handgeräte für die Schweißnahtprüfung angegeben.

1. Grundlagen der Magnetpulverprüfung

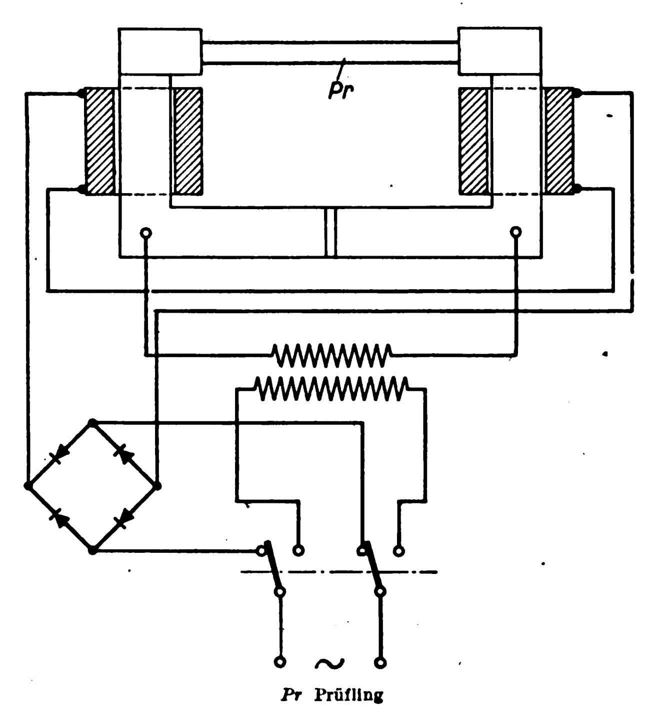
Die Magnetpulverprüfung, früher auch Feilspäne-Verfahren genannt, wird angewendet zum Nachweis feiner, mit bloßem Auge nicht sichtbarer Werkstofftrennungen, insbesondere von Rissen, Bindefehlern und Schlackeneinschlüssen an oder dicht unter der Oberfläche magnetisierbarer Werkstücke. Diese Fehlstellen bilden für einen im Prüfling erzeugten magnetischen Kraftfluß einen Widerstand. Je nach der Breite eines Risses und der relativen Querschnittsschwächung, die am größten ist, wenn der Riß senkrecht zu den Kraftlinien verläuft, treten in seiner Umgebung mehr oder weniger Kraftlinien aus dem Werkstück aus. Überspült man dieses mit einer Flüssigkeit wie „Metallöl", die Eisen- oder Eisenoxydpulver in feiner Verteilung enthält, so bildet sich über dem Riß entsprechend der großen Ausdehnung des Streufeldes eine dicke, in die Augen fallende Raupe von Pulver. Ist das freie Öl abgelaufen, so bleibt das Magnetpulverbild auch nach dem Abschalten der Felderregung und unabhängig von der Remanenz des Werkstoffes erhalten, so daß das fehlerhafte Stück in Ruhe beurteilt werden kann.

Nach den bisherigen Erfahrungen ist es zweckmäßig, zum Erzielen einer guten Anzeigeempfindlichkeit oberhalb der magnetischen Induktion $\mathfrak{B}_{\mu_{max}}$ zu arbeiten. Wie man rechnerisch abschätzen kann, ist die vom Streufeld auf das Eisenpulverteilchen ausgeübte Richtkraft [1]*) in diesem Bereich eine Exponentionalfunktion der Induktion [2]. Hieraus ist zu ersehen, daß man im Verhältnis zur aufgewandten Felderregung keine bedeutende Steigerung mehr erwarten kann, sobald man den oberen, annähernd geraden Teil der Magnetisierungskurve erreicht hat. Bei zu großer Felderregung bilden sich im übrigen bereits an fehlerfreien Stellen kleine Ketten von Eisenpulver, die zu Fehldeutungen Anlaß geben können. Die Felderregung ist dadurch nach oben hin praktisch auf etwa 100 Ørsted begrenzt. Damit sind Richtwerte für die Planung von Prüfmaschinen gegeben.

*) Die Zahlen in eckigen Klammern [ ] beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis am Schluß der Arbeit.

2. Prüfmaschinen mit Längs- und Quermagnetisierung

Für das Erzeugen starker Magnetfelder kommen hauptsächlich zwei Verfahren in Betracht: die Gleichstromfremderregung und die Wechselstromdurchflutung. Im ersten Fall wird der Prüfling zwischen die Pole eines Elektromagneten gespannt, so daß quer zur Achse der Einspannung verlaufende Risse gefunden werden können. Längsrisse bleiben dabei unsichtbar. Sind aber auch solche zu erwarten, so müßte das Werkstück je nach seiner Länge noch mehrmals senkrecht zur ersten Lage zwischen die Pole gebracht werden. Da das häufige Umspannen indessen meistens mit einem wirtschaftlich untragbaren Zeitaufwand verbunden ist, vereinigt man mit dem Magneten gewöhnlich noch einen Hochstromtransformator, indem man dessen Sekundärklemmen mit den voneinander isolierten Polschuhen des Magneten verbindet. Man schickt einen Wechselstrom hoher Stärke durch den Prüfling und erzeugt ein Ringfeld quer zur Achse der Einspan-



Pr Prüfling

Bild 1. Grundsätzliche Schaltung der Prüfmaschinen für Längs- und Quermagnetisierung.

nung, so daß jetzt auch Längsrisse zur Anzeige gelangen, während Querrisse kein Hindernis für den Kraftfluß bieten. Dann können also bei unveränderter Einspannung Risse beliebiger Lage nacheinander lediglich durch elektrisches Umschalten erfaßt werden (Bild 1). Um diesen durch die Kombination der beiden Magnetisierungsverfahren gegebenen Vorteil auch wirklich auszunutzen, müssen natürlich die Einspannbacken drehbar sein [3]. Man kann den Prüfling dann von allen Seiten untersuchen, ohne jedesmal die Einspannung lösen zu müssen.

a. Einfluß der Spulenanordnung auf die im Prüfling erreichbare Induktion

Während bei der elektrischen Durchflutung das Hauptproblem im Schaffen geeigneter Stromübergänge für die hohen Belastungen besteht, treten bei der Gleichstromfremdmagnetisierung Schwierigkeiten auf, die mit den starken Streufeldern bei offenen Magneten zusammenhängen, besonders, wenn Stangen oder Wellen in längeren Abschnitten magnetisiert werden sollen. Für das Erzielen einer genügend hohen Induktion im Prüfkörper bei geringem Leistungsaufwand ist neben der Größe des Jochquerschnittes die Anordnung der Erregerspulen von Bedeutung. Bild 2 zeigt für verschiedene Spulenanordnungen

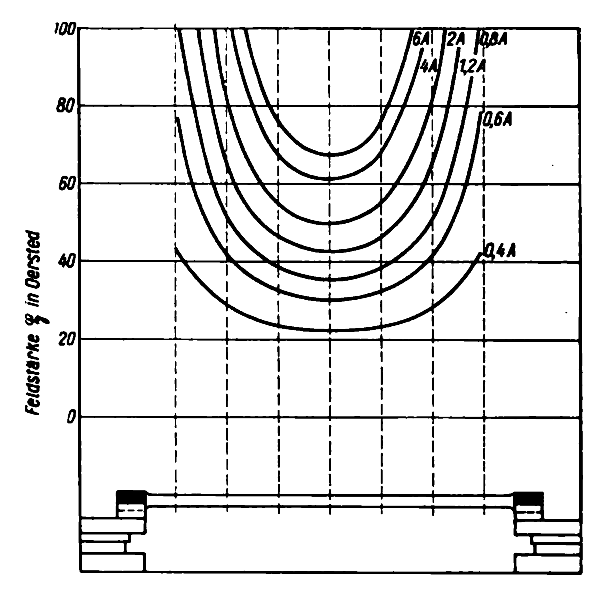


Bild 3. Feldstärkeverteilung längs einer Getriebewelle bei verschiedenen Spulenströmen.

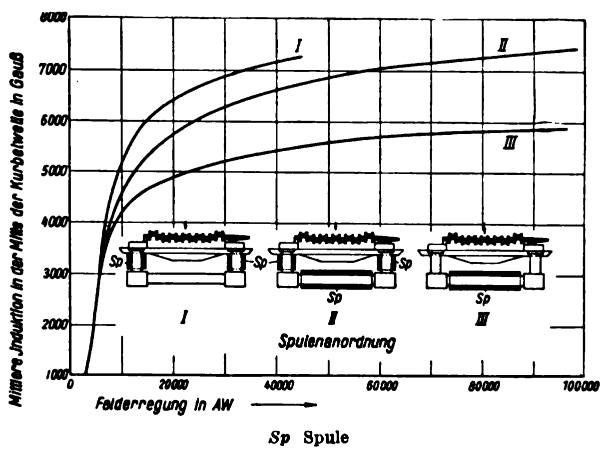


Bild 2. Auf magnetischen Rissprüfern erreichte Induktionen in Abhängigkeit von der Spulenanordnung.

die in der Mitte einer Kurbelwelle erzielte mittlere Induktion in Abhängigkeit von der Felderregung. Die Spulen müssen also auf den Schenkeln in der Nähe der Polschuhe angebracht werden.

b. Induktionsverlauf in glatten Wellen

Bei der Stromdurchflutung einer glatten Welle mit gleichbleibendem Querschnitt ist die Stromstärke und damit auch die Fehlererkennbarkeit längs der Welle konstant. Als Unterlage für die Prüfung genügt hier die Angabe eines einzigen Stromwertes, z. B. 1000 A bei 50 mm Dmr. Anders ist dies bei der Längsmagnetisierung. Die Liniendichte nimmt von den Enden der Welle nach der Mitte zu stark ab, so daß man die Erregung steigern muß, wenn man auch in der Mitte gleiche Anzeigeempfindlichkeit erzielen will. In welchem Maße dies notwendig ist, geht aus Bild 3 hervor, in dem die Ergebnisse von Feldstärkemessungen längs einer Getriebewelle für verschiedene Spulenströme aufgetragen sind. Beispielsweise muß, um gleichmäßig überall 60 Örsted zu erreichen, der Strom von 0,4 bis 4 A verändert werden [2]. Immerhin ist die in der Mitte dieser 1500 bis 2000 mm langen Wellen bei Längsmagnetisierung mit nicht zu großem Aufwand erreichbare Induktion groß genug, in dem hier gewählten Beispiel fast 11 000 Gauß. Der günstige Arbeitsbereich liegt oberhalb 7000 Gauß. Es lohnt sich daher, Prüfmaschinen mit einer entsprechenden maximalen Einspannlänge nicht nur für die Stromdurchflutung, sondern auch für die Längsmagnetisierung zu bauen. Auf Geräten mit geringerer Einspannlänge muß man in mehreren Abschnitten prüfen. Ein Regeln des Stromes ist dabei zwar gewöhnlich überflüssig, dafür benötigt aber das Umspannen der Teilabschnitte beträchtlich Zeit.

c. Prüfgeräte mit auswechselbaren Polschuhen

Zur Erweiterung des Anwendungsbereiches wurden die Geräte mit auswechselbaren Polschuhen versehen [3]. So zeigt Bild 4 die Vorderseite eines großen Risseprüfers mit einer Einspannvorrichtung, deren Futter auch bei eingeschaltetem Strom oder Magnetfeld von Hand gedreht werden kann. Das vom Prüfling ablaufende überschüssige Metallöl wird von der Wanne aufgefangen und von einer Pumpeinrichtung zwecks gleichbleibender Durchmischung mit Eisenpulver in ständigem Umlauf gehalten, wie dies für eine einheitliche Fehlerbeurteilung unerläßlich ist. Für die Prüfung von Stangen u. a. werden statt der verschiebbaren Wellen Supporte aufgesetzt, auf denen die

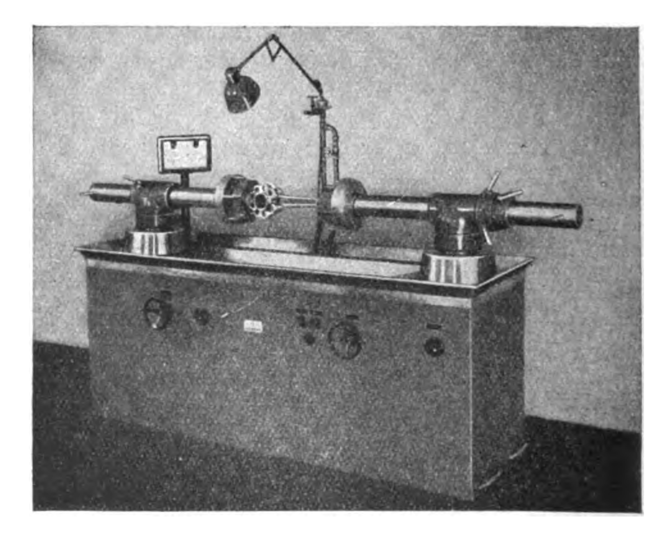


Bild 4. Risseprüfer für Längs- und Quermagnetisierung mit drehbaren Einspannbacken

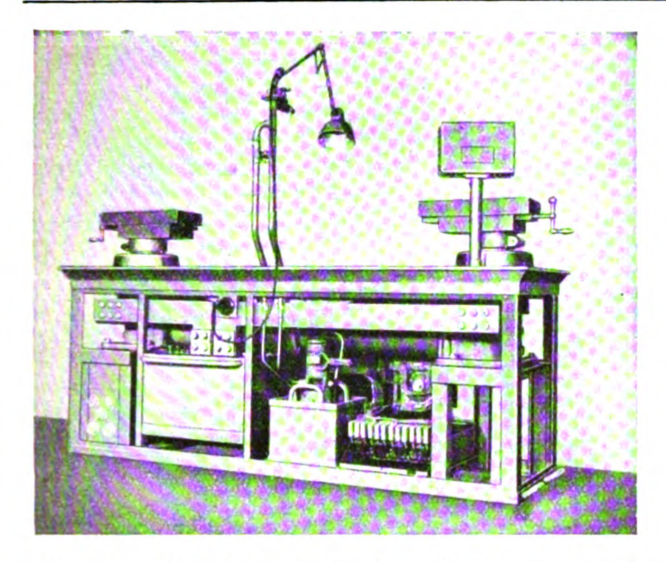


Bild 5. Risseprüfer für Längs- und Quermagnetisierung mit aufgesetzten Supporten und feststehenden Schenkeln zum Prüfen von langen Stangen. Rückseite geöffnet mit fahrbarem Hochstromeinsatz.

Werkstücke festgeklemmt oder auch nur aufgelegt werden. In Bild 5 ist ein entsprechend ausgerüstetes Gerät in geöffnetem Zustand von der Rückseite zu sehen.

d. Ausfahrbarer Hochstromeinsatz und wassergekühlte Zangenelektrode

Von den voneinander isolierten Schenkeln des Magneten gehen Stromschienen zu einem herausfahrbaren Wagen, in dem der Hochstromtransformator mit dem zugehörigen Regler untergebracht ist. Diese Anordnung hat insofern Vorteile, als sie auch an anderen Stellen die magnetische Prüfung von Schweißnähten oder die Durchflutung sonstiger Bauteile erlaubt, die z. B. ihrer Größe wegen nicht zum Aufstellungsort des eigentlichen, ebenfalls nur schwer transportfähigen Prüfgerätes gebracht werden können. Zum Durchführen einer raschen Serienprüfung wurden wassergekühlte, auch bei hohen Strombelastungen noch biegsame Kabel mit einfach zu handhabenden Klemmen entwickelt, die an die außerhalb der Maschine befindlichen Hochstromeinsätze angeschraubt werden können (Bild 6).

e. Induktionsverlauf in Kurbelwellen

Eine erfolgreiche Stromdurchflutung langer Kurbelwellen ist auf großen Risseprüfern immer möglich, nicht jedoch die Längsmagnetisierung. Die Induktion ist gewöhnlich nicht mehr ausreichend. In der Mitte der Welle, die den Messungen in Bild 2 zugrunde lag, wird bei großem Aufwand an Magnetisierungsleistung nur eben eine mittlere Induktion $\mathfrak{B}_{\mu\max}$ von 8000 Gauß erreicht. Berücksichtigt man, daß auf der Innenseite der Kröpfungen ein starkes Zusammendrängen der Kraftlinie stattfindet, so bedeutet dies, daß man auf der Außenseite gar nicht in den günstigen Arbeitsbereich oberhalb des Knies der Magnetisierungskurve hineinkommt. Eine Beobachtbarkeit feiner Fehler kann also gar nicht erwartet werden. Um den großen Streuverlusten zu begegnen, muß die Welle in mehreren Abschnitten magnetisiert werden. Verringert man den Magnetschenkelabstand auf die Hälfte bei gleichbleibendem Gesamtfluß in den Schenkeln, so steigt die mittlere Induktion in der Mitte der Welle beispielsweise von 6000 Gauss auf nahezu 12 000 Gauss, während $\mathfrak{B}_{\mu\max} = 8000$ Gauss ist [2].

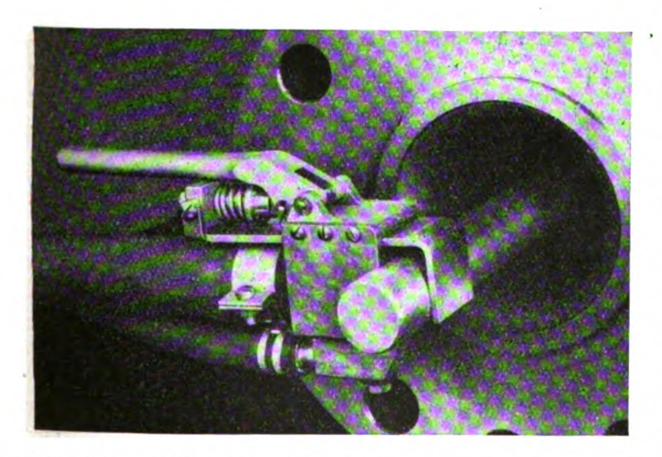


Bild 6. Wassergekühlte Zangenelektrode mit biegsamen, ebenfalls wassergekühlten Kabeln für hohe Strombelastungen.

f. Risseprüfer mit motorisch verschiebbaren Magnetschenkeln

In Anbetracht der unterschiedlichen Bauweise von Kurbelwellen ist die Länge der Teilabschnitte verschieden. Um die Streuverluste jeweils so niedrig wie möglich zu halten, verschiebt man zweckmäßig die Schenkel des Magneten, auf denen die Erregerspulen sitzen, direkt auf dem Joch (Bild 7), und zwar mit elektrischem Antrieb, um die Bedienung zu erleichtern. Dann braucht lediglich ein Fußschalter betätigt zu werden, so daß der Prüfer beide Hände zum Fassen des Werkstückes frei behält [3].

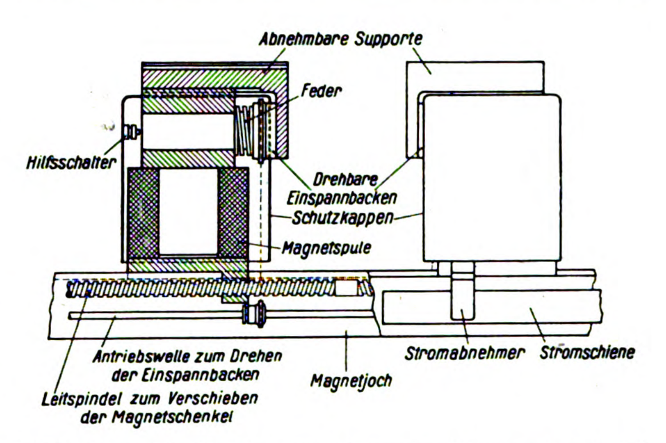


Bild 7. Risseprüfer für Längs- und Quermagnetisierung mit motorisch verschiebbaren Magnetschenkeln und aufgesetzten Polschuhen zum Untersuchen von Kurbelwellen (schematisch).

Die Anwendbarkeit dieser Maschinen ist aber nicht auf das Prüfen von Stangen oder Wellen beschränkt. Zwischen die Polschuhe oder auf diesen befestigte Formstücke können auch kürzere Werkstücke gespannt werden. Dabei sorgen eingebaute Sicherungskontakte dafür, daß der Motor, der durch eine Spindel beide Schenkel gegeneinander bewegt, nach Erreichen eines einstellbaren Einspanndruckes selbsttätig abgeschaltet wird. Erst danach können die Magnetisierungsstromkreise eingeschaltet werden. Beim Öffnen der Einspannung wird durch selbsttätiges vorheriges Abschalten des Hochstromes oder Magneten ein Beschädigen der Oberfläche des Prüflings, z. B. durch Lichtbogenbildung, verhindert.

Schließlich können auch die supportähnlichen Polschuhe von den Schenkeln heruntergeschoben werden, um drehbare Einspannbacken freizugeben (Bild 8), die gleichzeitig mit Hilfe eines zweiten Motors nach Betätigen des auf der Vorderseite angebrachten Hebelschalters auch bei eingeschaltetem Hochstrom oder Magneten gedreht werden können, und zwar wahlweise rechts oder links herum.

Mit der Entwicklung solcher Geräte wurde also erstens die Prüfung verwickelter Maschinenteile unter den magnetisch günstigsten Bedingungen ermöglicht. Zweitens wurde die Wirtschaftlichkeit der Serienprüfung

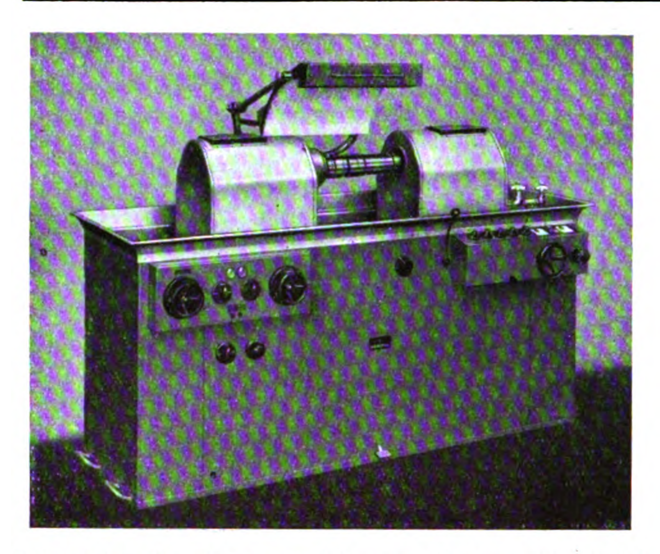


Bild 8. Risseprüfer für Längs- und Quermagnetisierung mit motorisch verschiebbaren Magnetschenkeln und motorisch drehbaren Einspannbacken (die Supporte sind abgenommen).

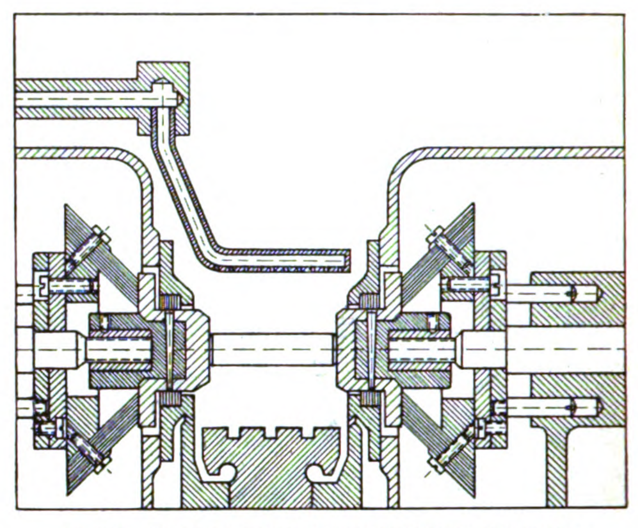


Bild 10. Einspannvorrichtung des selbsttätigen Risseprüfers für Stromdurchflutung.

wesentlich verbessert. Man muß bedenken, daß die Prüfkosten im wesentlichen durch die aufzuwendenden Löhne bestimmt werden [4]; daher muß man die Gesamtprüfzeit je Stück klein machen. Das ist aber, da die für das Überspülen und Betrachten des Prüflings erforderlichen Zeiten sich nicht unter eine gewisse Grenze herabdrücken lassen, nur möglich, wenn man die für das Ein- und Ausspannen sowie Drehen des Werkstückes notwendigen Zeiten weitgehend abkürzt.

g. Automatisierung des Prüfvorganges

Gerade bei kleineren, einfach gebauten Teilen können die Einrichtezeiten ein Vielfaches der reinen Prüfzeit ausmachen. Man ist deswegen dort, wo es sich darum handelt, große Mengen völlig gleichartiger Stücke zu prüfen, noch einen Schritt weiter gegangen, wobei das Zuführen, Einspannen, Drehen und Entspannen der Prüflinge völlig selbsttätig durchgeführt wird.

Die schematische Anordnung für den Transport des Prüfkörpers zeigt Bild 9. Aus dem Vorratsbehälter *1* rutscht jeweils ein Stück in den Greifer *2*, wenn dieser ganz nach links zurückgezogen ist. Die Bewegung des Greifers wird über einen Kniehebel von der Nockenwelle *3* aus gesteuert. Nachdem der Greifer den Prüfkörper erfaßt hat, bewegt er sich nach rechts, bis der Prüfling sich in der Lage *4* befindet. Dort wird er von zwei Einspannbacken erfaßt und festgehalten, während sich der Greifer, der mit einer federnden Zunge versehen ist, wieder zurückbewegt.

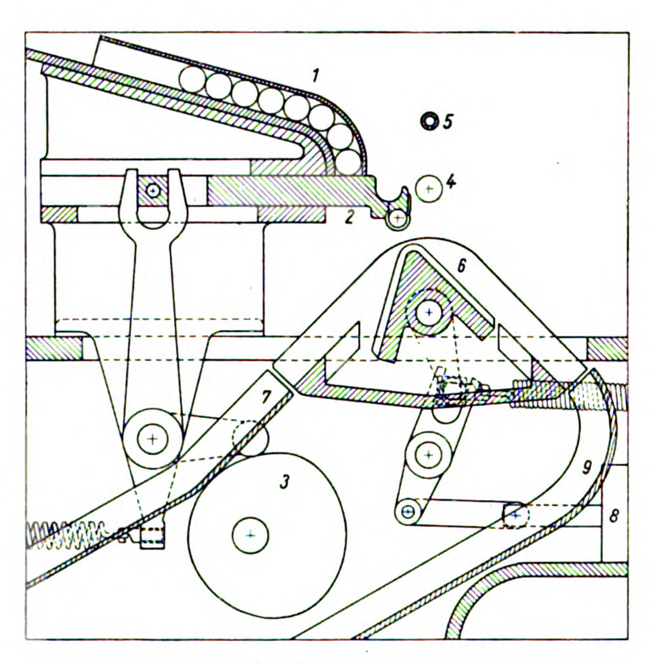


Bild 9. Anordnung für den Transport des Prüfkörpers beim selbsttätigen Risseprüfer.

Selbsttätig wird dann die Durchflutung eingeschaltet, ein mit zahlreichen Düsen versehenes Rohr *5* zwecks Bespülung mit Metallöl über den Prüfling geschwenkt und dieser in Umdrehung versetzt. Nach einstellbarer Zeit wird ebenfalls automatisch die Brause fortgenommen und kurz danach der Hochstrom abgeschaltet. Der Prüfling wird zur Beurteilung des Fehlerbildes der gesamten Oberfläche noch einige Sekunden weitergedreht, bis er entspannt wird und herunterfällt.

Hält der Prüfer das Stück für fehlerhaft, so braucht er nur einen Druckknopf zu betätigen, um die Zunge *6* mittels des Zugmagneten *8* umzulegen. Das fehlerhafte Stück rutscht dann durch die Rinne *7* in einen Ausschußbehälter hinter der Maschine, während sonst die einwandfreien Stücke durch die Rinne *9* in einen anderen Behälter befördert werden. Der Prüfer, der keinerlei mechanische Arbeit mehr zu leisten hat, kann sich ganz seiner eigentlichen Tätigkeit widmen. Angenehm ist für ihn dabei, daß er mit dem Metallöl nicht mehr in Berührung kommt.

Bild 10 zeigt den Aufbau der Einspannvorrichtung. Die Gehäusedichtungen dienen gleichzeitig zur Isolation. Die Backen sind ferner von den Antriebswellen, die sich in der Einspannrichtung vor- und zurückbewegen können, isoliert. Die Stromübertragung geschieht durch Bürsten.

Im Tisch der Maschine (Bild 11) befinden sich der Hochstromtransformator, der Antriebsmotor und der Schaltmechanismus. Oben auf dem Tisch ist in bequemer

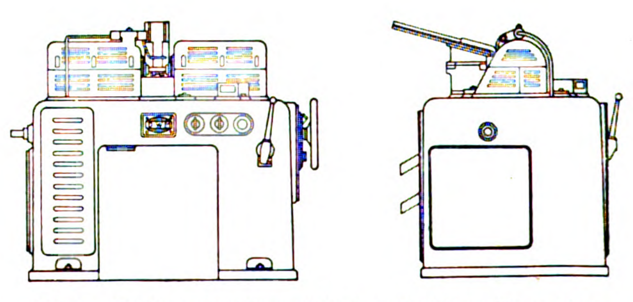


Bild 11. Vorder- und Seitenansicht des selbsttätigen Risseprüfers.

Lage die Drucktaste zum Aussortieren der fehlerhaften Teile angebracht, daneben ein Hochstrommesser. An der Vorderwand sind Schalter und ein Hochstromregler angeordnet. Der Hebel dient zum Entkuppeln. Mit dem Handrad rechts kann die Antriebswelle von Hand bedient werden. Der Prüfer sitzt vor der Maschine, während die Werkstücke von hinten auf die Rinne aufgelegt werden und nach der Prüfung in ebendort aufgestellte Behälter fallen.

3. Prüfungen mit remanentem Magnetismus

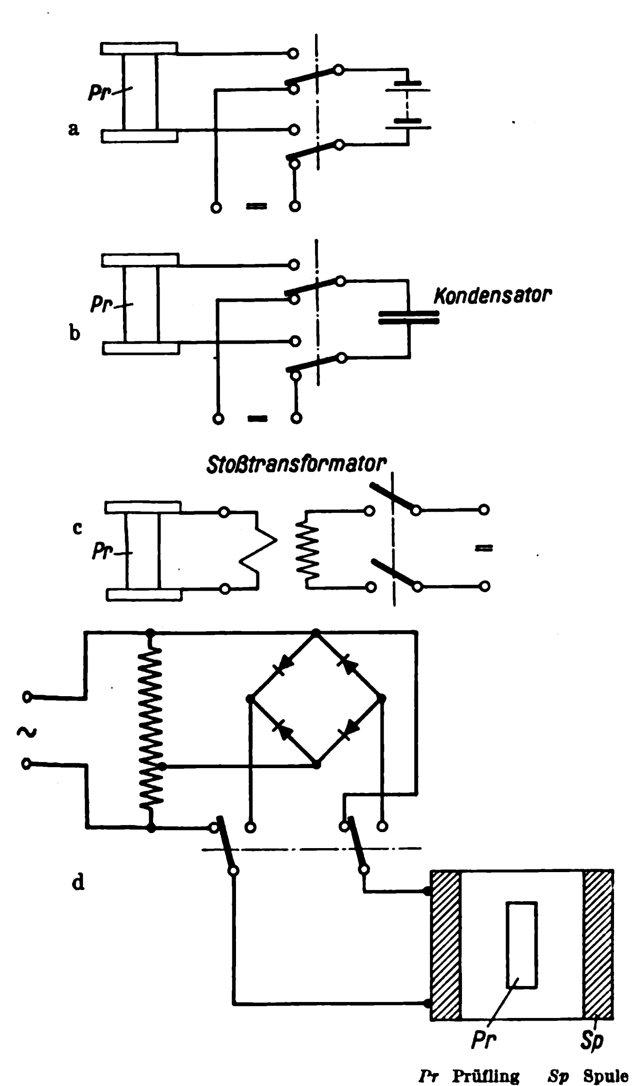
Eine andere Möglichkeit, wirtschaftlich zu prüfen, besteht im Trennen der Arbeitsgänge für das Magnetisieren, Bespülen und Beurteilen des Fehlerbildes. Auch hier ist man, wie bei der Mechanisierung der zuletzt beschriebenen Geräte, von dem Gedanken ausgegangen, die mit Verantwortung verbundene und höher zu bewertende Tätigkeit des Prüfers von jeder anderen Arbeit, die von Hilfskräften vorgenommen wird, zu befreien. Unter der Voraussetzung, daß der Werkstoff genügende magnetische Härte besitzt, was für die im Motorenbau üblichen legierten Stähle zutrifft, läßt sich Magnetisieren und Bespülen voneinander trennen. Man erzeugt das Bild mit Hilfe des remanenten Magnetismus.

Die Empfindlichkeit dieses Verfahrens ist naturgemäß dort am größten, wo es gelingt, in sich geschlossene magnetische Felder zu erzeugen, wie z. B. bei einfach gebauten Drehkörpern, in denen Risse und Schlackenzeilen längs der Achse gesucht werden. Man schickt durch den Prüfling oder einen hindurchgesteckten Kupferstab für kurze Zeit einen Gleichstrom hoher Stärke. Eine größere Anzahl magnetisierter Teile wird dann auf einer Platte ohne gegenseitiges Berühren nebeneinander aufgestellt und gemeinsam in ein Metallölbad getaucht. Danach kann der Prüfer die Teile einzeln untersuchen.

Ein kurzer Gleichstromstoß läßt sich auf verschiedene Weise verwirklichen. In den ersten Geräten amerikanischer Herkunft wird eine kräftige Akkumulatorenbatterie über den Prüfling und einen regelbaren Kohlewiderstand kurzgeschlossen (Bild 12 a). Die Abschaltung geschieht mit einem Zeitrelais. In den Arbeitspausen ist der bei diesem Betrieb hoch beanspruchte Sammler mit einem Ladegerät verbunden. Bei dem Verfahren nach Bild 12 b wird eine aus Elektrolytkondensatoren bestehende Batterie über das Werkstück entladen, wodurch leicht höhere Stromspitzen erzielt werden können. Allerdings sind die Entladezeiten recht kurz, so daß die Eindringtiefe des magnetischen Feldes im Werkstück geringer ist als im ersten Fall. Zum hinreichenden Magnetisieren dickwandiger Werkstücke muß man deshalb mehrere Stromstöße erzeugen. Dies kann selbsttätig mit einem Relais geschehen, das jeweils nach Aufladen des Kondensators diesen für kurze Zeit vom Ladegerät abschaltet und mit dem Werkstück verbindet [5].

In der Mitte bezüglich der Tiefenwirkung steht das Stoßtransformatorverfahren nach Bild 12 c; es wird schon seit längerer Zeit für das Magnetisieren von Dauermagneten benutzt [6]. Der nur mit einer einzigen Sekundärwindung und einem passenden Luftspalt versehene Transformator wird primär an Gleichspannung gelegt und nach Erreichen des Höchststromes schnell durch ein Schütz mit Blasspulen abgeschaltet, so daß der Sekundärstoß beträchtliche Stärke erreicht.

Ein Trennen der Arbeitsgänge ist überall dort am Platze, wo zwar große Serien gleichartiger Teile geprüft werden sollen, sich aber gelegentlich doch die Art der Teile ändert, Einspannlänge und Formbacken also ge-



Pr Prüfling *Sp* Spule
Bild 12 a bis d. Schaltungen von Prüfgeräten zum Arbeiten mit remanentem Magnetismus.

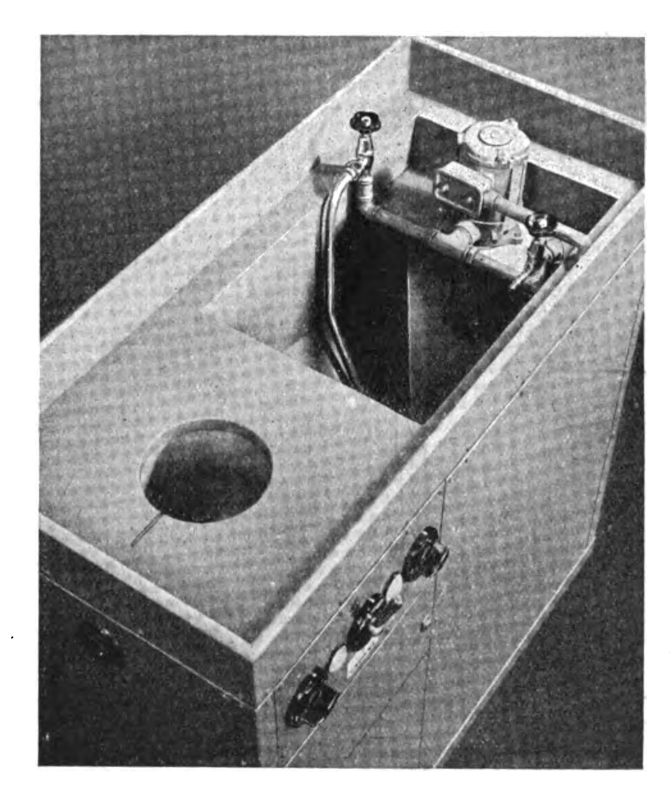


Bild 13. Gerät zum Prüfen mit remanentem Magnetismus nach Bild 12 d für kleine Teile, die sich auf Rissprüfern der üblichen Bauart nur schwer oder gar nicht einspannen lassen.

wechselt werden müssen, und dort, wo Innen- und Außenflächen, wie bei Kolbenbolzen, zu untersuchen sind.

Für die Untersuchung kleinerer Reihenteile, die sich wegen der unregelmäßig geformten Begrenzungsflächen nur schwer oder gar nicht auf den beschriebenen Rissеprüfern einspannen lassen, wurde ein Gerät entwickelt, dessen Aufbau aus Bild 13 und dessen grundsätzliche Schaltung aus Bild 12 d zu ersehen ist. Der Prüfling wird in der Spule mit Gleichstromerregung kurzzeitig magnetisiert, in das daneben befindliche Metallölbad getaucht und dann betrachtet. Man verwendet hierbei ebenfalls den Restmagnetismus. Das Entmagnetisieren wird mit derselben Spule vorgenommen, indem man diese an Wechselspannung legt und den Prüfling langsam herauszieht.

Soweit die Prüflinge nicht zu große Querschnitte besitzen, lassen sie sich auch nach Längsmagnetisierung auf den Geräten nach Bild 4 und 8 mit einer Spule entmagnetisieren, die mit 50periodigem Wechselstrom beschickt ist. Um beim Lösen aus dem Risseprüfer ein unnötiges Festkleben an den Einspannbacken infolge des Restmagnetismus zu vermeiden, wird beim Entspannen gleichzeitig eine schwache Gegenmagnetisierung eingeschaltet. Macht sich aber die geringe Eindringtiefe des 50periodigen Wechselfeldes bemerkbar, so wird ein in besonderen, selbsttätig arbeitenden Einrichtungen erzeugter Wechselstrom niedriger regelbarer Frequenz mit langsam abnehmender Amplitude durch die Entmagnetisierungsspulen geschickt, oder diese Geräte werden direkt an die Risseprüfer angeschlossen, so daß das Entmagnetisieren unter den gleichen Feldverhältnissen stattfinden kann.

4. Prüfen von Schweißnähten

Das Magnetpulververfahren wird außer zur Prüfung von Maschinen- und Motorenteilen auch zum Prüfen von Schweißnähten im Behälter-, Brückenbau und anderweitig angewendet. Es ergänzt die Röntgenprüfung und ist wie diese nur mit tragbaren Geräten durchführbar. Das Bespülen der verrosteten oder verzunderten Nahtoberfläche geschieht mit hellgelb gefärbtem Metallöl, um einen genügenden Kontrast gegen den Untergrund zu erhalten; bei blanken Maschinenteilen wird dagegen Karbonyleisen- oder Eisenoxydpulver benutzt.

Bei nicht zu dicken Blechen hat sich die Fremdmagnetisierung mit Magneten bewährt, deren Pole beiderseits der Schweißnaht aufgesetzt werden. Die Eigenart der Feldausbildung gestattet, den Magneten auch auf der dem Beobachter abgekehrten Seite des Bleches anzusetzen. Für Dünnblechschweißungen genügen kleine Dauermagnete mit geeigneten Polschuhen (Bild 14).

Daneben werden besonders für dickere Nähte Durchflutungsgeräte verwendet, die Stromstärken bis zu 500 A zu entnehmen gestatten. Entweder werden zwei Elektroden, die über biegsame Kabel mit einem Transformatorkasten verbunden sind (vgl. auch oben), im Abstand von einigen cm voneinander auf die Naht aufgesetzt [7], oder man setzt den Transformator, der mit zwei Elektroden und einem Handgriff zu einem handlichen Gerät verbunden ist, direkt auf die Naht auf (Bild 15) [3].

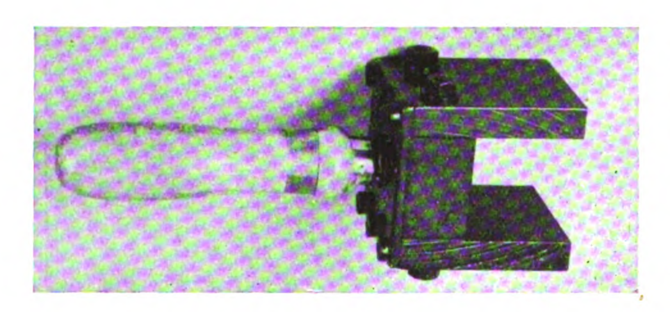


Bild 14. Schweißnahtprüfgerät mit Dauermagnet.

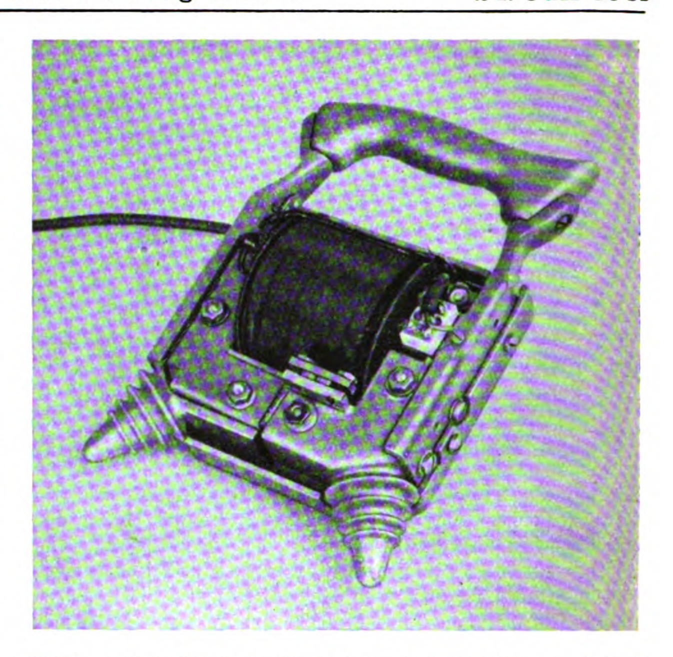


Bild 15. Kleines Handgerät für die Magnetpulverprüfung von Schweißnähten, geöffnet. Hochstromtransformator, Handgriff und Elektroden sind zu einer Einheit verbunden.

Zusammenfassung

Die beiden für die Magnetpulverprüfung in Betracht kommenden Verfahren zur Felderregung, nämlich das Längsmagnetisieren mit Gleichstrommagneten und das Dauermagnetisieren mittels Hochstromdurchflutung, werden heute gewöhnlich miteinander vereinigt, um unnötiges Einspannen der Werkstücke zu vermeiden. Glatte Stangen können bei größerem Polabstand längsmagnetisiert werden. Ein hierfür geeignetes Gerät mit feststehenden Magnetschenkeln, auswechselbaren Einspannvorrichtungen und herausfahrbarem Hochstromerzeuger wird beschrieben. Die Längsmagnetisierung von Kurbelwellen muß in kürzeren Teilabschnitten durchgeführt werden. Ein Gerät, das zum Verringern der Streuverluste mit verschiebbaren Magnetschenkeln ausgerüstet wurde, ist für erhöhte Wirtschaftlichkeit der Prüfung mit motorischen Antriebsvorrichtungen für das Einspannen und Drehen der Werkstücke versehen. Bei der Großserienprüfung einheitlicher Teile geschieht das Zuführen, Einspannen, Magnetisieren und Entspannen selbsttätig. Ferner werden Geräte beschrieben, bei denen die Arbeitsgänge Magnetisieren und Bespülen voneinander getrennt sind. Man arbeitet in diesem Falle mit remanentem Magnetismus. Zum Prüfen von Schweißnähten dienen tragbare Geräte.

Aus dem Schrifttum

[1] R. Berthold u. W. Schirp, Die Grundlagen des Magnetpulververfahrens. Masch.-Schad. 15 (1937) Sonderheft.
[2] E. A. W. Müller, Einfluß der Feldverteilung auf die Fehlererkennbarkeit beim Magnetpulver-Prüfverfahren. Z. VDI 84 (1940) S. 472.
[3] E. A. W. Müller, Fortschritte im Bau von Hilfsmitteln für die Magnetpulverprüfung. Siemens-Z. 20 (1940) S. 49. Vgl. a. 18 (1938) S. 249.
[4] E. A. W. Müller, Die Wirtschaftlichkeit der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung. Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 221.
[5] R. Berthold u. W. Schirp, Ein neuartiges Stoßgerät für Serienprüfungen nach dem Magnetpulver-Verfahren. Masch.-Schad. 15 (1938) S. 137.
[6] E. Schulze, Ein einfaches Verfahren zum Magnetisieren von permanenten Magneten. ETZ 49 (1928) S. 969.
[7] R. Berthold u. F. Gottfeld, Ein neues Hilfsmittel für Schweißnahtprüfungen. Stahlbau (1937) H. 4.

60 Jahre VDE Bezirk Mittelhessen vormals Elektrotechnische Gesellschaft zu Frankfurt am Main

Von Hermann Hensell VDE, Frankfurt a. M.

DK 621.3(06)(09)

1881 Gründung der Elektrotechnischen Gesellschaft zu Frankfurt-Main

1891 Internationale Elektrotechnische Ausstellung und Internationaler Elektriker-Kongreß in Frankfurt-Main

1898 Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Frankfurt-Main

1906 Feier des 25jährigen Bestehens der Elektrotechnischen Gesellschaft zu Frankfurt-Main

1916 Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und Ausstellung von Austauschstoffen für die elektrotechnischen Erzeugnisse während des Weltkrieges in Frankfurt-Main

1931 Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und der Vereinigung der Elektrizitätswerke anläßlich der Feier des 50jährigen Bestehens der Elektrotechnischen Gesellschaft zu Frankfurt-Main und des
40jährigen Gedenktages der Internationalen Ausstellung in Frankfurt-Main

1941 60 Jahre VDE Bezirk Mittelhessen vormals Elektrotechnische Gesellschaft zu Frankfurt-Main.

Zu der konstituierenden Versammlung der Elektrotechnischen Gesellschaft fanden sich im Jahre 1881 in Frankfurt 62 Personen der verschiedensten Berufe, wie Gelehrte, Ärzte, Mechaniker, Post- und Telegraphenbeamte, zusammen „zur Pflege der gemeinsamen Unterhaltung, der wissenschaftlichen Förderung und der gegenseitigen Belehrung der technischen Anwendung der Elektrizität und Fortbildung ihrer Kenntnis“. Vorträge, Mitteilungen und Vorführungen von Geräten wurden abgehalten, um zunächst ein ausreichendes Verständnis den Mitgliedern und Hörern zu verschaffen, aber auch streng wissenschaftliche Erörterungen zu vermitteln.

Frankfurt schien ein geeigneter Boden zur Förderung elektrotechnischer Erkenntnisse; aus der ausschließlich südlichen Handelsmetropole entwickelte sich eine ansehnliche Industriestadt, woran die Elektrotechnische Gesellschaft somit nicht ganz unbedeutenden Anteil zu haben scheint.

Als man daran ging, in Frankfurt ein Elektrizitätswerk zu errichten, half man sich über die Gutachten und Sachverständigenkommissionen hinweg und entschloß sich zu einer Ausstellung, um den Frankfurtern die umstrittenen Stromsysteme selbst vorzuführen. So wurde 1891 unter tätigster Teilnahme der Elektrotechnischen Gesellschaft und seiner Mitglieder die Internationale elektrotechnische Ausstellung zu Frankfurt-Main mit ihrer Kraftübertragung Lauffen-Frankfurt ins Leben gerufen[1]). Auf eine Entfernung von 175 km unter Berührung der Länder Württemberg, Baden, Hessen und Preußen wurde Drehstrom mit 15 kV zum Ausstellungsgebäude über eine Freileitung mit ölgefüllten Isolatoren übertragen. Hier wurden große Motoren für die Pumpstation des großen Wasserfalles getrieben sowie für die damalige Zeit feenhafte, elektrische Beleuchtungseffekte erzielt. Elektrische Bahnen zum und auf dem Ausstellungsgelände sollten auch hier in Frankfurt in einem Wettstreit der Systeme eine Entscheidung bringen.

Nicht nur der Allgemeinheit, sondern auch den Wissenschaftlern, Technikern und Konstrukteuren konnte alles Wissenswerte auf dem Gebiete der Energieerzeugung, der Energiewirtschaft und nicht zuletzt der elektrotechnischen Industrie vermittelt werden.

Da bei dem epochalen Ausbau der Ausstellung mit einem starken, auch internationalen Besuch der Ausstellung zu rechnen war, rief die Elektrotechnische Gesellschaft zu einem Internationalen Elektrotechniker-Kongreß in Frankfurt-Main auf. Über 700 Teilnehmer aus fast allen Ländern der Erde fanden sich in Frankfurt zusammen, um in drei Hauptversammlungen und in einer Reihe Sektionssitzungen einen regen Gedankenaustausch herbeizuführen.

Die in diesem Zusammenhang gegebenen Anregungen veranlaßten wieder eine Reihe deutscher Kongreßteilnehmer, unter Führung von Mitgliedern der Elektrotechnischen Gesellschaft den Allgemeinen deutschen Elektrotechnikertag ins Leben zu rufen. Somit können Frankfurt-Main und die Elektrotechnische Gesellschaft zu Frankfurt-Main als die Wiege des Verbandes Deutscher Elektrotechniker angesehen werden, der zwei Jahre später, also 1893, in Berlin aus der Taufe gehoben werden konnte.

Anläßlich der Einweihungsfeier der neu errichteten Städtischen Elektrizitätswerke hielt auf Einladung der Elektrotechnischen Gesellschaft 1898 der Verband Deutscher Elektrotechniker zum erstenmal seine Jahreshauptversammlung in Frankfurt-Main ab.

Wenn auch in die ersten Jahrzehnte der Elektrotechnischen Gesellschaft die sprunghafte Entwicklung der Elektrotechnik fiel, an der sie regsten Anteil nehmen konnte, und die periodischen Versammlungen ein reiches Gebiet für die Aussprachen und Veranstaltungen bildeten, entschloß man sich doch, das 1906 stattfindende 25jährige Jubiläum der Gesellschaft im engeren Familienkreise zu begehen.

Während der zweiten in Frankfurt-Main stattfindenden Verbandstagung im Kriegsjahre 1916 veranstaltete wieder die Elektrotechnische Gesellschaft eine allerdings kleinere Ausstellung, auf der Austauschwerkstoffe für die elektrotechnische Industrie gezeigt wurden.

1916 war gleichzeitig das Gedenkjahr an die vor 25 Jahren in Frankfurt-Main stattgefundene Internationale Elektrotechnische Ausstellung Frankfurt. Aus diesem Anlaß gab die Elektrotechnische Gesellschaft ein nach den zeitlich aufeinanderfolgenden Berichten zusammengestelltes Heft über das Entstehen der elektrischen Kraftübertragung Lauffen-Frankfurt und seine Einwirkung auf die Entwicklung der Elektrotechnik heraus[2]).

Die Nachkriegszeit mit den Jahren der Inflation, der Scheinblüte und den langen Krisenjahren wirkten nicht nur auf die gesamte Industrie, sondern auch auf die Fachverbände erschütternd ein. Eine tatkräftige Führung half, das mit soviel Lorbeeren geschmückte Gebäude glücklich durch diese Zeiten hindurch zu erhalten, ja sogar noch befruchtend auf die Mitglieder zu wirken.

So wurden in den kommenden Jahren der Bibliothek manche wertvollen wissenschaftlichen Werke zugeführt und Unterstützungen an Mitglieder gewährt. Schließlich veranstaltete die Elektrotechnische Gesellschaft an der Elektrotechnischen Lehranstalt in Frankfurt-Main wiederholt Fortbildungskurse für Installateure, Elektromeister, Techniker und Monteure, um ihnen nicht zuletzt die neuesten Verbandvorschriften näherzubringen.

Dabei reifte das Jahr 1931 heran, in dem die Elektrotechnische Gesellschaft ihr Goldenes Jubiläum begehen sollte. Trotz anfänglicher Bedenken glaubte man doch, dieses Gedenken an die Gründung der Gesellschaft, die Internationale Elektrische Ausstellung und die Entwicklungsjahre der elektrotechnischen Industrie nicht ohne eine entsprechende Feier vorbeigehen lassen zu dürfen.

Die Stadt Frankfurt-Main und die Elektrotechnische Gesellschaft entschlossen sich daher, den Verband Deutscher Elektrotechniker einzuladen, seine Jahresversammlung 1931 in Frankfurt abzuhalten. Hier-

[1]) S. a. H. Görges, ETZ 62 (1941) H. 20, S. 457.

[2]) Das Entstehen der elektrischen Kraftübertragung Lauffen-Frankfurt, aus ETZ 1890, 91, 92, Verlag Julius Springer 1916.

mit gleichzeitig fand dann auch die Jahresversammlung der Vereinigung der Elektrizitätswerke statt, so daß eine Zahl von nahezu 1500 Besuchern gezählt werden konnte.

Die Bedeutung dieser Tagungen drückte den Vorträgen den besonderen Stempel auf, indem die Themen der drei Hauptvorträge lauteten:

Auswirkung der Lauffener Kraftübertragung auf die Elektrizitätswirtschaft.

Die geschichtliche Entwicklung der elektrischen Kraftübertragung auf weite Entfernungen.

Die heutigen Probleme der Hochspannungskraftübertragung.

Ein Buch: Geschichtstafeln über die Entwicklung der Elektrotechnik, chronologisch und nach Wissensgebieten geordnet, ließ die Elektrotechnische Gesellschaft als Erinnerungsgabe drucken[3]), das allen Tagungsteilnehmern ausgehändigt wurde. Ein kleines Erinnerungsheft an die Jubiläumsfeier der Gesellschaft mit den hierbei gehaltenen Reden erschien zum Ausklang[4]), wodurch nochmals die internen geschichtlichen Daten für fernere Zeiten festgehalten werden konnten.

Mit dem Umbruch 1933 kam auch die Neuordnung der Verbände und Vereine. Hierbei in ersprießlicher Arbeit mitzuhelfen, betrachtete die Führung der Gesellschaft als ihre vornehmste Pflicht. In diese Zeit fällt auch die Umbenennung der Gesellschaft in Verband Deutscher Elektrotechniker Bezirk Mittelhessen unter Eingliederung in den großen Spitzenverband aller Techniker, den N. S.-Bund Deutscher Technik.

Die Zeit ist nicht dazu angetan, große Tagungen und Jubelfeiern und die für 1941 in Frankfurt-Main geplante Internationale Elektrotechnische Ausstellung in Erinnerung an die Ausstellung vor 50 Jahren abzuhalten, und so wollen wir mit diesen Ausführungen die Erinnerung an vergangene große Entwicklungsjahre der Elektrotechnik und der Elektrotechnischen Gesellschaft zu Frankfurt-Main wachzuhalten versuchen, bis der endgültige Sieg errungen ist.

[3]) 1881—1931, Geschichtstafeln der Elektrotechnik. Selbstverlag der E.T.G.

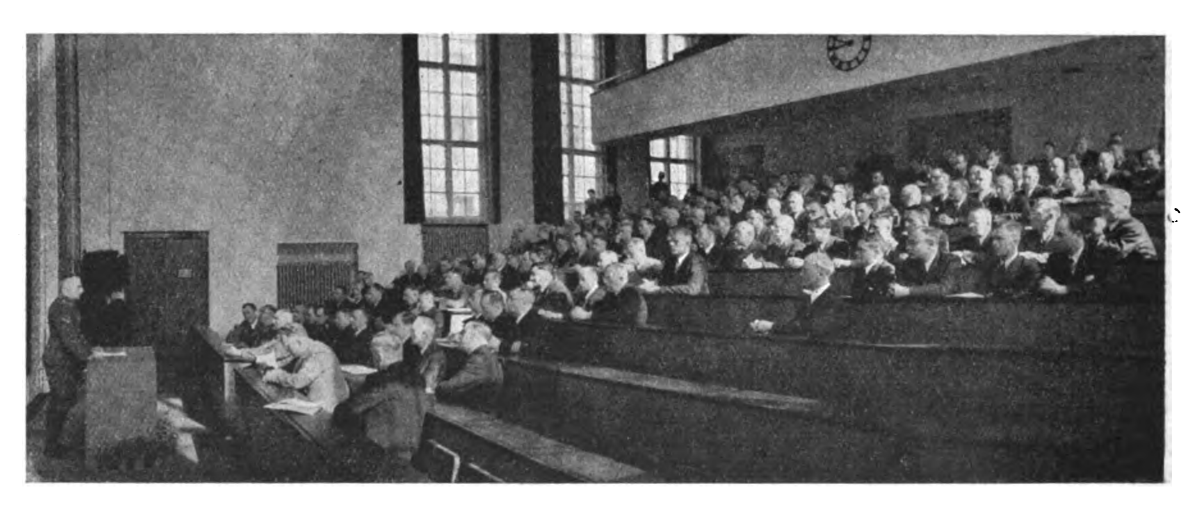
[4]) 50 Jahre Elektrotechnische Gesellschaft Frankfurt am Main. Selbstverlag der E.T.G.

Die Ostdeutsche VDE-Tagung in Danzig

Am 23. und 24. Mai 1941 veranstaltete der Verband Deutscher Elektrotechniker im NSBDT. eine Ostdeutsche VDE-Tagung in Danzig, die sich ausschließlich mit den Werkstoffen der Elektrotechnik befaßte. Zu der Tagung hatten sich etwa 220 Teilnehmer aus den VDE-Bezirken Danzig-Westpreußen, Niederschlesien, Oberschlesien, Ostpreußen und Pommern sowie aus dem Warthegau und dem Generalgouvernement eingefunden, wobei selbstverständlich die am nächsten liegenden Gaue am stärksten vertreten waren. Im Auditorium Maximum der Technischen Hochschule Danzig begrüßte der Leiter des VDE-Bezirks Danzig-Westpreußen, Direktor Dipl.-Ing. Schmidt VDE, die Teilnehmer und sprach ihnen seinen Dank aus, daß sie trotz der reichlichen Beschäftigung im Kriege so zahlreich aus dem ganzen deutschen Osten zur Tagung erschienen waren. Er sprach die Hoffnung aus, daß diese Tagung allen Teilnehmern auf ihrem Fachgebiet möglichst reiche Anregungen für die weitere Aufbauarbeit im deutschen Osten vermitteln möchte.

Anschließend begrüßte der Ehrenvorsitzende der Ostdeutschen VDE-Tagung, Gauamtsleiter für Technik im Reichsgau Danzig-Westpreußen, Reg.-Präsident Dipl.-Ing. Wilhelm Huth VDE, die Ehrengäste. Sich dann an seine Männer der Technik wendend, stellte er die Frage, ob Tagungen dieser Form in dieser Zeit angebracht seien, um diese Frage sofort zu bejahen, denn man dürfe auch den Geist nicht einrosten lassen. Gerade im Osten sei eine ungeheure Aufbauarbeit zu leisten; es gelte nicht nur 20 Jahre der Mißwirtschaft der Polen wieder gutzumachen, sondern auch die Sünden früherer Epochen auszugleichen, um den deutschen Osten zu einem vollwertigen Gebiet des Großdeutschen Reiches zu machen. In eindrucksvollen Worten machte er dann seinen Zuhörern klar, daß es immer wieder notwendig sei, nicht nur den Blick engstirnig auf die reine Facharbeit zu begrenzen, sondern immer wieder frei zu machen für die großen Aufgaben, die der Führer uns nach dem Kriege als einmalige Aufgaben in der Menschheitsgeschichte stellen werde. Mit dem Wunsche, daß die Facharbeit mit guter Kameradschaft und großzügiger Zusammenarbeit gepaart sein möge, wünschte er der Tagung einen guten Verlauf.

Um die Tagung im Sinne der Ausführungen des Gauamtsleiters Huth gleich im Anfang mit dem Blick auf den politischen Sinn all unserer Facharbeit zu beginnen, folgte dann der erste Vortrag des Gauschulungsleiters von Danzig-Westpreußen, W. Löbsack, über „Danzig im deutschen Ostraum". Pg. Löbsack führte etwa folgendes aus: Danzig sei immer der Kern des Deutschtums im Osten gewesen. Wenn er daher über Danzig im deutschen Ostraum spreche, so tue er es nicht im Sinne eines Denkens in engen Räumen, sondern im Sinne der daraus erwachsenden Verpflichtung, für den ganzen Osten zu arbeiten. Der in Danzig immer noch lebende Geist der Hanse, die Wucht der geschichtlichen Bauten der Stadt und die Umgebung mit ihren vielen Spuren des segensvollen Wirkens des Ritterordens bilde dabei den geschicht-



Gauamtsleiter Regierungspräsident Dipl.-Ing. W. Huth VDE begrüßt die Teilnehmer der Ostdeutschen VDE-Tagung.

lichen Untergrund dieser Arbeit. Daneben aber stehe in gleicher Größe und Verpflichtung das Erlebnis des Kampfes der NSDAP. um das Deutschtum und die Befreiung dieses alten deutschen Bodens. Gauschulungsleiter Löbsack schilderte dann als alter Kämpfer des Führers aus seinem eigenen Erleben den Kampf um den deutschen Menschen und die Deutscherhaltung Danzigs in den letzten 20 Jahren mit einer solchen Lebendigkeit und Eindringlichkeit, daß sich keiner der Zuhörer der starken Wirkung seiner Worte entziehen konnte. Als er dann, von der wundervollen Haltung der Danziger Bevölkerung in den Augusttagen 1939 ausgehend, den Tag schilderte, wo auch dieser Stadt die Stunde der Freiheit schlug, und dann auf die Volkstumsfragen und Aufbauaufgaben im Osten schon jetzt während des Krieges und erst recht nach dem Kriege zu sprechen kam und seinen Vortrag beendete, ging dem brausenden Beifall eine feierliche Stille voraus. Jeder hatte wohl aus dieser Stunde neue Kenntnisse und neue Kraft für seine Arbeit und auch für die reine Facharbeit auf der Tagung mitgenommen.

Anschließend wurde dann die Reihe der Fachvorträge durch zwei Vorträge aus dem Gebiet der elektrischen Leiterwerkstoffe eröffnet. Es sprachen Dr.-Ing. D. Müller-Hillebrand VDE, Berlin, über „Aufgabe und Lösung des Kupferaustausches in der Elektrotechnik“ und Dr.-Ing. W. Hessenbruch, Hanau/Main, über „Nickelarme und nickelfreie Widerstandswerkstoffe“. Der Nachmittag galt dann dem Fachgebiet der magnetischen Werkstoffe der Elektrotechnik mit einem Vortrag von Dr.-Ing. W. Krämer VDE, Berlin, über „Magnetisch hochwertiges Eisen für elektrische Maschinen, Umspanner und Meßwandler“ und einem zweiten Vortrag von Dr. phil. habil. O. von Auwers, Berlin, über „Magnetisch weiche und harte Werkstoffe der Meß- und Nachrichtentechnik“.

Der Freitagabend sah dann alle Teilnehmer zu einem Kameradschaftsabend im Studentenhaus der Technischen Hochschule vereinigt. Der Geschäftsführer des VDE, Dipl.-Ing. Viefhaus VDE, begrüßte bei dieser Gelegenheit die Tagungsteilnehmer und sprach seine besondere Freude darüber aus, daß trotz der organisatorischen Schwierigkeiten der augenblicklichen Zeit, der Osten die Initiative zu dieser Tagung ergriffen habe. Sein Eindruck über den Verlauf der Tagung und den Geist der Zusammenarbeit unter den Teilnehmern des Ostens sei vorzüglich, und er wünsche der Tagung einen weiteren gedeihlichen Verlauf. Der Kameradschaftsabend nahm mit einigen Darbietungen von Kräften des Danziger Staatstheaters

Eine Teilnehmergruppe der Dampferfahrt nach Adlershorst.

und seinem inoffiziellen Teil dann einen weiteren harmonischen Fortgang.

Der Sonnabendvormittag brachte dann den Abschluß des fachlichen Teils der Tagung mit einer Gruppe von drei Vorträgen über das Gebiet der Isolierstoffe der Elektrotechnik. Es sprachen Dr.-Ing. Weicker VDE, Hermsdorf-Thüringen, über „Keramische Isolierstoffe der Starkstrom- und Nachrichtentechnik“, Regierungsrat Dr. Pfestorf VDE, Berlin, über „Synthetische organische Isolierstoffe und ihre Prüfung“ und schließlich Dr.-Ing. E. Kirch VDE, Berlin, über „Getränktes und ungetränktes Papier als Werkstoffe in der Elektrotechnik“.

Den offiziellen Teil der Tagung schloß dann Direktor Dipl.-Ing. Schmidt VDE mit einem Dank an alle Vortragenden und an die Tagungsteilnehmer für das gezeigte rege Interesse.

Der Sonnabendnachmittag sah die Teilnehmer dann noch einmal in einer kleineren Gruppe bei einer Besichtigung der Stadt Danzig und in einem größeren Kreis bei einer Besichtigung von Gotenhafen. Diejenigen Teilnehmer, die noch genügend Zeit hatten, auch den Sonntag in Danzig zu verbringen, machten am Sonntag noch einen Dampferausflug von Danzig nach Adlershorst, der mit einem Spaziergang über die herrliche Strandpromenade nach Zoppot sein Ende fand.

H. Schönfeld VDE, Danzig-Langfuhr

Die Naturerscheinung atmosphärischer Salzablagerungen auf Freileitungsisolatoren in der unteren Po-Ebene

DK 621.315.62 : 551.556.4

Am 18. Januar des vorigen Jahres berichteten die deutschen Tageszeitungen über schwere Störungen der elektrischen Energieversorgung in einem Teile Italiens in Verbindung mit einem seltenen Naturereignis[1]). Am 10. und 11. Januar 1940 wehten über der italienischen Provinz Venetia Giulia und der oberen Adria schwere Nordstürme mit 140 km/Std. und darüber, die aber zu keinen außergewöhnlichen Folgeerscheinungen führten. Es folgte am 11. und 12. Januar strenger Frost, wobei Temperaturen von 10° unter Null und darunter gemessen wurden. Hierbei traten an den dortigen 135 kV-Freileitungen die ersten Überschläge auf, wobei z. T. die Stahl-Aluminiumseile abschmolzen und zu Boden fielen. Die Überschläge konnten auf Salzablagerungen zurückgeführt werden, welche nicht nur die Isolatoren, sondern auch die gesamte Oberfläche der Tragmasten bedeckten. Nach Beseitigung dieser Schäden und Reinigung aller Isolatoren trat in der Nacht zum 12. und den darauffolgenden Nächten die gleiche Erscheinung in verstärktem Maße in einem Gebiete vergrößerten Umfanges auf, wobei in der Folge innerhalb weniger Stunden fast alle Freileitungen des Gebietes zwischen Ferrara, Codigoro und Porto Maggiore außer Betrieb gesetzt wurden. In der Nacht zum 13. und am Tage des 14. Januar trat eine weitere Ausdehnung des befallenen Gebietes ein und die nordwärts führenden Leitungen nach Rovigo, Battaglia, Dolo und Chioggia wurden spannungslos, als die Speisung der Städte Adria und Codigoro abgeschnitten wurde. Am 15. und 16. Januar schien die Lage tagsüber gebessert, bis in der Nacht vom 16. zum 17. ein schwerer Rückschlag in der Gegend um Bologna eintrat, wobei fast alle von Osten und Norden her einlaufenden Leitungen außer Betrieb gesetzt wurden. Die Störungen dehnten sich weiter in Richtung Forli und Rimini aus. Erst am 18. Januar hörten die Erscheinungen auf. Die Karte (Bild 1) gibt eine Vorstellung von der fortschreitenden Ausbreitung der Salzniederschläge in der Zeit vom 12. bis zum 17. Januar 1940.

Während dieser sechs Tage war von seiten der betroffenen Elektrizitätsgesellschaften eine gewaltige Arbeit zu leisten, um die Energiebelieferung wiederherzustellen. Man nimmt an, daß Salz aus dem feinzerstäubten Meerwasser der Adria durch den aus dem Norden wehenden Sturm mitgerissen und zusammen mit mitgeführtem Staub aus dem Karstgebirge bis in große Höhen emporgerissen wurde und in der Poebene wieder niederfiel. (Anmerk. d. Ber.: Andere Anzeichen deuten darauf hin, daß neben der aus Ungarn über den Karst und die obere Adria kommenden salzhaltigen unteren Kaltluftströmung eine obere Warmluftströmung aus südlichen Gebieten an dem Naturereignis beteiligt war. Dieser Warmluftstrom,

[1]) Energia elettr. 17 (1940) S. 104, 2 S., 1 B.

der vom Atlasgebirge über die nordafrikanischen Wüsten herkam und feinsten Sandstaub mit sich führte, drang über das Mittelmeer bis zur unteren Poebene vor, wo der Staub niederfiel.)

Die Wiederherstellung der Strecken, die Säuberung und der Austausch der durch Lichtbögen zerstörten Isolatoren, die Umschaltmanöver und Umleitungen stellten die Ingenieure und Monteure der betroffenen Elektrizitätsgesellschaften auf eine harte Probe. Die bereitwillige Aushilfe an Betriebsmitteln und Arbeitskräften, welche die nicht betroffenen Gesellschaften entgegenkommend gewährten, erlaubte die Störungen auf ein erträgliches Maß zu beschränken.

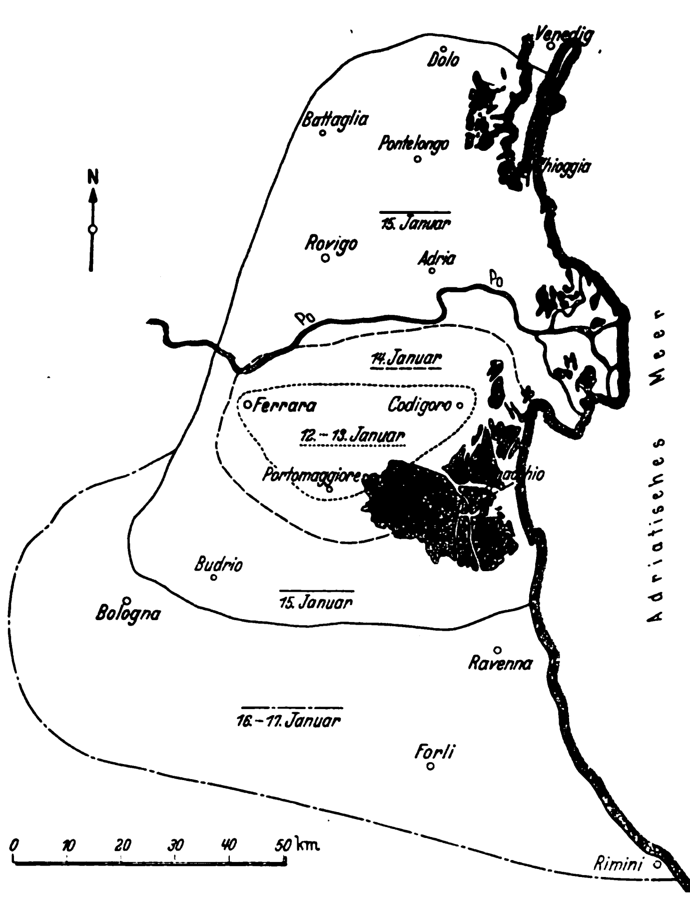


Bild 1. Ausbreitung der Salzniederschläge in der Zeit vom 12. bis 17. Januar 1940.

Die Betriebsstörungen wurden durch eine erdige, mit Salzkristallen gemischte Kruste hervorgerufen, die sich auf allen Isolatoren der Hochspannungs-, Mittel- und Niederspannungsnetze niederschlug. Dieses Naturvorkommnis tritt glücklicherweise nur sehr selten auf. Die salzige Kruste haftete auf dem oberen Teil der Isolatoren auf der vom Winde getroffenen Seite, auf dem unteren auf der entgegengesetzten Seite. Als in den folgenden Frostnächten Reifbildung eintrat, wurde die Kruste stark durchfeuchtet und gut leitend. Bei den Hängeisolatoren war sogar die untere Höhlung um den Klöppel von dieser Kruste erfüllt, von wo sie nur schwer wieder entfernt werden konnte. Die Störungen auf den 7,5, 10 und 15 kV-Freileitungen machten sich in ähnlicher Weise wie in dem Hochspannungsnetz bemerkbar, was den Betrieb erleichterte, weil die Last stellenweise geringer als normal wurde. Die stärksten Niederschläge wurden zwischen den Städten Adria und Porto Maggiore festgestellt, wo man Krusten bis zu 1,5 mm Dicke in Stücken von 2 bis 3 cm² von den Isolatoren abbrechen konnte. Die Hängeisolatoren zeigten kein besseres Verhalten als die Stützenisolatoren, da die Salzkruste Kaskadenüberschläge begünstigte. Überall stieß man auf abgeschmorte und herabgefallene Leitungsseile und zersprungene Isolatoren in fast gleichem Ausmaße. Da bei dem Frostwetter die Beschaffung der zur Reinigung erforderlichen Wassermengen erschwert war und Einrichtungen zum Vorwärmen des Wassers fehlten, nahm man schließlich die Reinigung ohne Wasser durch Abreiben der Isolatoroberfläche mit trockenen Tüchern vor. Besonders mühevoll war die Säuberung der Hängeisolatorenketten. Jede 10-gliedrige Kette nahm die Arbeitskraft von zwei Mann während einer vollen Stunde in Anspruch. Die Mißerfolge bei der Reinigung der ersten Strecken führt man z. T. darauf zurück, daß der am 10. und 11. Januar in dem ganzen Gebiete niedergefallene Salz- und Sandstaub an den folgenden Tagen wieder aufgewirbelt wurde. Ein neuer Salzsturm scheint aber nicht stattgefunden zu haben, denn ein am Abend des 14. Januar im Freien aufgestellter sauberer Isolator zeigte am nächsten Morgen nur einen Reifbelag, war aber völlig frei von Salz und Sand.

Der Berichter entsinnt sich in diesem Zusammenhange eines ganz ähnlichen Naturereignisses, das nach zweitägigen stürmischen südwestlichen Winden vor einer Reihe von Jahren auftrat. Das Wetter war hierbei tagsüber sonnig. Als sich gegen Abend der Wind legte und starker Nebel auftrat, konnten an allen Isolatoren der 110 und 220 kV-Freiluftanlagen und Freileitungen starke Vorentladungen beobachtet werden, die sich an zahlreichen Stellen zu Erdschlußlichtbögen und Mehrfacherdschlüssen auswuchsen. Dem Berichter gelang es tags darauf, auf der Oberfläche mehrerer Freiluft-Stützisolatoren einer größeren Freiluftanlage erhebliche Mengen von Chloriden qualitativ nachzuweisen, die offenbar durch den zwei Tage lang währenden Sturm aus dem einige hundert Kilometer entfernten Ärmelkanal herangetragen sein mußten. Bei dem Nachweis wurde ein Teil der Isolatoroberfläche mit einem Stück Filterpapier mittelst einer Pinzette abgetupft, das vorher mit destilliertem Wasser angefeuchtet war. Die hierin aufgesogene Salzlösung wurde in einem Reagensglas mit destilliertem Wasser verdünnt und mit einigen Tropfen einer 10%igen Silbernitratlösung versetzt. Dabei trat ein starker, milchweißer Niederschlag von Silberchlorid auf, der sich am Tageslicht nach einiger Zeit schwarz färbte. Es handelt sich bei dem Zusammentreffen des Nebelniederschlages zu einem vorhandenen Salzbelag um einen, nach Kenntnis des Berichters in diesem Ausmaße nicht wieder beobachteten Ausnahmefall. Der meist bei Westwinden fallende Regen verhindert das Mitführen von feinsten Salzkristallen aus dem Meerwasser, oder er wäscht bereits niedergeschlagene Salze wieder ab. Es ist bekannt, daß in Küstengebieten bei stürmischem Wetter Salzniederschläge aus dem Meerwasser gelegentlich Anlaß zu gewissen Betriebseinschränkungen gegeben haben[1]). W. Estorff VDE

[1]) H. G. Schweppenhäuser, VDE Fachber. 3 (1928) S. 25.

Vergleichsversuche an Glas- und Porzellanisolatoren

DK 621.315.612.2+.6

Vergleichsversuche an Hängeisolatoren aus Porzellan, vorgespanntem und Pyrexglas mit Leistungslichtbögen von 0,5 bis 5 s Dauer und Strömen von 250 bis 5000 A ergaben, daß die Isolatoren in der Regel an der Ansatzstelle des Lichtbogens durch Hitzewirkung zerstört wurden[1]). Dabei waren die Kappen und Klöppel der Isolatoren mit Ausnahme der Befestigungsstellen eines dünnen, zum Zünden des Lichtbogens dienenden, über die Isolatoroberfläche gezogenen Kupferdrahtes durch einen Quarzzylinder oder durch bildsame Isoliermasse abgedeckt. Bei nicht in dieser Weise geschützten Metallteilen des Isolators trat dessen Zerstörung unter Wandern des Lichtbogens auf der seinem Entstehungsort gegenüberliegenden Seite ein. Die Lichtbogendauer, innerhalb deren der Isolator zerstört wurde, ist in Übereinstimmung mit der Rechnung etwa umgekehrt verhältnisgleich der Wurzel aus der Stromstärke und bei vorgespanntem Glas nahezu doppelt so lang wie bei Porzellan. Pyrexglasisolatoren wurden bei Strömen von 500 bis 1000 A innerhalb 1 s nur wenig beschädigt, doch trat lebhaftes Schmelzen und Verdampfen der Einbleiung auf, was für die Isolierfähigkeit und mechanische Sicherheit der unteren Glieder einer Kette aus solchen Isolatoren leicht verhängnisvolle Wirkungen haben könnte. An Stützenisolatoren angestellte Pendelschlagversuche ergaben, daß Porzellan- und Pyrexglasisolatoren nach dem Bruch noch den vollen seitlichen Zug, Isolatoren aus vorgespanntem Glas jedoch nur etwa 80% davon aushielten. Daß ein Porzellanisolator infolge von Steinschlag zu Bruch kommt, ist weniger wahrscheinlich als bei einem Glasisolator. *O. N.*

[1]) Engineering 149 (1940) S. 434; ½ S.

VERSCHIEDENES

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

Fr. J. Koch †. — Am 26. Juni 1941 verstarb Herr Professor Dr.-Ing. e. h. Franz Joseph Koch VDE, Vorsitzender des Vorstandes der Koch & Sterzel AG. in Dresden.

Mit ihm ist einer der bedeutenden Männer der Elektrotechnik, ein Pionier, Erfinder und Unternehmer großen Maßstabes dahingegangen. Er wurde am 2. Oktober 1872 in Chemnitz geboren. Durch Selbststudium hatte er sich ein umfangreiches technisches Wissen angeeignet. Er untersuchte die Betriebsbedingungen des Pendel-Gleichrichters und erkannte die Notwendigkeit der Phasenkorrektur durch Kondensatoren und Drosselspulen als Voraussetzung für funkenfreien und daher zuverlässigen Dauerbetrieb. Im März 1903 erfand er den synchron umlaufenden Hochspannungs-Gleichrichter. Nachdem er eine Zeitlang Teilhaber der Firma Nostiz & Koch in Chemnitz gewesen war, die sich mit dem Bau von Schaltapparaten und Schaltanlagen befaßte, gründete er 1904, um sich ganz der Verwirklichung seiner Ideen widmen zu können, gemeinsam mit seinem Freunde Kurt August Sterzel die Firma Koch & Sterzel in Dresden. Klein und bescheiden begannen sie ihren Betrieb in der Zwickauer Straße 42. Der Pendel-Gleichrichter und viele andere elektrophysikalische Apparate wurden in wachsendem Umfange hergestellt. In der Röntgentechnik führte Koch an Stelle des Funkeninduktors den Hochspannungstransformator mit dem von ihm erfundenen Synchron-Hochspannungs-Gleichrichter ein. Den Funkeninduktor hat er in seiner Leistungsfähigkeit verbessert und bis auf Schlagweiten von über 100 cm gebracht. An der Vervollkommnung des Glühkathoden-Ventils und seinem Einbau in den Röntgenapparat, an der Entwicklung von Prüftransformatoren, Hochfrequenzapparaten, Regulier-Drosselspulen, Meßwandlern, Rundfunkempfängern und Lautsprechern nahm F. J. Koch persönlich maßgeblichen Anteil. In rastloser zäher Arbeit hat er die Firma Koch & Sterzel Aktiengesellschaft zu ihrem heutigen Ruf als Spezialfabrik auf dem Gebiete der Elektromedizin und des Transformatorenbaues emporgeführt.

Fr. J. Koch †

Seine Mußestunden aber gehörten vorwiegend der Musik. Er vertiefte sich in die Geheimnisse der altitalienischen Meistergeigen und ermittelte in unermüdlichen Versuchen ein Verfahren zur Herstellung von Streichinstrumenten, die als den alten Vorbildern gleichwertig anerkannt werden. Aus eigener Werkstatt, der Geigenbau Prof. F. J. Koch G.m.b.H. in Dresden, sind zahlreiche ausgezeichnete Instrumente hervorgegangen. Seine großen wissenschaftlichen und technischen Leistungen sind durch die Verleihung des Titels Professor seitens des Sächsischen Ministeriums des Innern, durch die Verleihung der Würde eines Dr.-Ing. e. h. seitens der Technischen Hochschule Dresden und durch die Ernennung zum Ehrensenator der Technischen Hochschule Stuttgart anerkannt worden. Der Dresdner Elektrotechnische Verein ernannte ihn zu seinem Ehrenmitglied.

Der Verstorbene hat bis unmittelbar vor seinem Tod unermüdlichen Anteil an Technik und Musik und am Gedeihen seiner Unternehmungen genommen. Sein allzeit reger Geist umspannte die Weite des menschlichen Wissens. Es war ein hoher Genuß mit ihm zu diskutieren. Als ein treusorgender Vater leitete er seine Betriebe. Jeder hatte Zutritt zu ihm, für jeden hatte er ein gutes Wort und rasche Hilfe bereit. Groß ist die Zahl derer, die ihm Dank schulden. Wer ihn gekannt hat, wird ihn sein Leben lang vermissen.

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 535.37 : 621.32

Physik und technische Anwendungen der Lumineszenz. Von Dr. phil. habil. N. Riehl. (Techn. Physik Bd. 3). Mit 83 B., VII u. 218 S. im Format 160 × 240 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1941. Preis geh. 21 RM, geb. 22,80 RM.

In dem nicht kargen Schrifttum der jüngsten Zeit über Lumineszenzlicht und Leuchtstoffe kommt dem neuen Buch in zweifacher Hinsicht besondere Bedeutung zu. Einmal deshalb, weil hier nicht nur die sehr zahlreichen und vielseitigen praktisch-technischen Anwendungsmöglichkeiten der Lumineszenzstoffe, sondern auch die theoretischen, chemischen und physikalischen Grundlagen zusammengefaßt behandelt werden. Diese Zusammenschau ist aber zweitens hier besonders wertvoll aus der Feder des Verfassers, der als einer der besten Kenner des Stoffgebietes an dessen neuester Entwicklung führend beteiligt ist.

Von den zahlreichen lumineszenzfähigen Stoffen werden zwar nur die sogenannten „Kristallphosphore" behandelt, zu denen aber die technisch wichtigen Zink- und Zinkkadmiumsulfide, Silikate und Wolframate gehören. Der größere Teil des Buches ist in 8 Kapiteln im wesentlichen der Physik, der Theorie und dem kristallchemischen Aufbau dieser Leuchtstoffe gewidmet. Viele im Schrifttum verstreute Untersuchungsergebnisse hat der Verfasser dabei kritisch verwertet. Auf Grund der umfangreichen neuesten experimentellen Erfahrungen werden auch die Anschauungen von Lenard und seinen Schülern, von denen dieses Gebiet bislang am eindringlichsten bearbeitet war, ergänzt und verbessert. So wird z. B. von der „Phosphoreszenz" als einfrierbarem Nachleuchten das „spontane Nachleuchten" unterschieden, reine „Fluoreszenz" dagegen bei den meisten Kristallphosphoren als gar nicht gegeben betrachtet. In einem umfangreichen 9. Kapitel werden die technischen Anwendungen der Lumineszenzstoffe behandelt. Hier ist auch die Erregung der Leuchtstoffe durch α-Strahlen und Kathodenstrahlen eingefügt. Aus der Fülle der Anwendungen seien nur erwähnt die für das Fernsehen, für Kathodenstrahl-Oszillographen, als Röntgenschirme, Leuchtstofflampen, im Luftschutz u. dgl. mehr. Das gutausgestattete Buch bietet aber nicht nur dem Elektrotechniker und dem Techniker allgemein viele Unterlagen und Anregungen, sondern wendet sich besonders in dem ersten theoretischen Teil auch an den Physiker und Wissenschaftler. W. Arndt

DK 621.187.12

Eignung von Speisewasser-Aufbereitungsanlagen im Dampfkesselbetrieb. Herausg. von der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Kraft- und Wärmeingenieure des Vereines deutscher Ingenieure im NSBDT. 2. erweit. Aufl. Mit 161 B., 24 Zahlentafeln u. 154 S. im Format A 5. VDI-Verlag GmbH., Berlin 1940. Preis geb. 9 RM.

Die günstige Aufnahme, die die erste Auflage dieses Buches in Fachkreisen gefunden hat, bewies, daß der Versuch geglückt war, durch eine gedrängte zusammenfassende Behandlung des gesamten Gebietes der Speisewasseraufbereitung dem an solchen Anlagen und ihrem Betrieb interessierten Ingenieur ein Hilfsmittel zur Hand zu geben. Die nunmehr vorliegende Auflage hat eine erhebliche Erweiterung erfahren; besonders die chemische Seite der Speisewasserpflege wurde stärker ausgebaut. Durch die Übermittelung der chemischen Grundlagen der Speisewasseraufbereitung und der Kenntnisse über die Auswirkungen der Wasserbeimengungen auf den Kessel- und Turbinenbetrieb wird bezweckt, dem planenden wie Betriebsingenieur die Zusammenhänge zwischen Wasserbeschaffenheit, Wahl der Aufbereitungsanlage und Kesselbetrieb zu zeigen. Es wurde darauf Bedacht genommen, die chemischen Erklärungen in leicht verständlicher Fassung zu bringen. Neben der

Theorie kommt die Praxis nicht zu kurz. Eine ganze Reihe von praktischen Beispielen für ausgeführte und in Betrieb befindliche neuzeitliche Speisewasserreinigungsanlagen erläutern die chemische Wasseraufbereitung für die Kesselspeisung. Hierbei wird auf die verschiedenen Kesselbauarten mit natürlichem Wasserumlauf und mit Zwangsumlauf bis zu den höchsten ausgeführten Betriebsdrücken Bezug genommen. Verdampfer zur Bereitung des Zusatzwassers und Dampfumformer sind eingehend in besonderen Abschnitten hinsichtlich der Anforderungen, der Bauart, der Einschaltung in den Wärmekreislauf und Wiedergabe von Betriebserfahrungen behandelt. Mit der ausführlichen Darlegung der Entgasung des Speisewassers wird das für einen einwandfreien und ungestörten Kesselbetrieb äußerst wichtige Gebiet der Speisewasseraufbereitung abgeschlossen. Eine große Zahl von Bildern und Tafeln trägt zur Bereicherung des Buchinhaltes bei. Durch die sachliche Auswahl und klare Gestaltung des umfassenden Stoffgebietes wird sich auch diese zweite Auflage viele Freunde erwerben.

W. Ellrich VDE

DK 355.29 : 658.514

Die Beschäftigung von Schwerbeschädigten in der Eisen- und Metallindustrie. Band 1. Herausg. v. Verband der Eisen- und Metall-Berufsgenossenschaften. Bearb. v. Gewerbeassessor a. D. E. Kleditz unter Mitwirkg. v. Techn. Aufsichtsbeamten der Eisen- und Metall-Berufsgenossenschaften. Mit zahlr. Bild., XV u. 428 S. im Format B 5. Verlag Gebrüder Jänecke, Hannover 1940. Preis geb. 5,60 RM.

Die Unterlagen für das Buch, die sämtlich den Betrieben entstammen, sind während des Krieges von den technischen Aufsichtsbeamten der Eisen- und Metall-Berufsgenossenschaften, denen die Überwachung der Durchführung der Unfallverhütung obliegt, gesammelt, um als Wegweiser für die Beschäftigung von Kriegsverletzten und Arbeitsbeschädigten zu dienen. Das Buch wird zweifellos nicht nur von den Betriebsführern, die Schwerbeschädigte in den Betrieb eingliedern sollen, dankbar begrüßt werden, sondern in gleicher Weise von den Kriegsbeschädigten selbst.

An mehr als 350 Einzelbeispielen wird in Wort und Bild gezeigt, wie bisher in den Betrieben Blinde, Einarmige, Beingeschädigte usw. nicht nur wieder nutzbringend in den Betrieb eingegliedert sind, sondern auch mit ihren Arbeitskameraden in Wettbewerb treten. Durch entsprechende Gestaltung der Prothesen, der Schutzvorrichtungen an Arbeitsmaschinen, der Werkzeuge usw. ist es z. B. entweder geglückt, die Handwerker wieder in ihrem erlernten früheren Beruf zu beschäftigen oder sie entsprechend den erworbenen Fachkenntnissen und Fähigkeiten vollwertig zu verwenden.

Den Schwerbeschädigten wird, wenn sie aus den Beispielen erkennen, daß sie trotz ihrer Verletzung wertvolle Arbeit verrichten können, der seelische Druck genommen und ihr Selbstvertrauen geweckt. Das Vorurteil, nach dem Schwerbeschädigte nur noch mit minderen Arbeiten bei geringerer Entlohnung beschäftigt werden können, z. B. als Bürobote, Nachtwächter und dgl., wird durch das Buch als durchaus unberechtigt beseitigt.

Die Beispiele und damit die Einteilung des Buches sind nach Art der Beschädigung gegliedert, wie Erblindung, Verlust der linken Hand, Verlust der rechten Hand, Verlust des linken Armes usw. Die Beispiele in diesen Absätzen sind wieder unterteilt nach Fachgebieten, in denen die Geschädigten beschäftigt werden. So z. B. ist der Absatz: „Verlust des linken Armes" aufgeteilt nach Berufen, wie Klempner, Schlosser, Maler, Kranfuhrer usw., so daß die Prüfung, mit welchen Arbeiten ein Schwerbeschädigter beschäftigt werden kann, erleichtert ist.

Eine Angabe wird in dem Buch vermißt, die manche menschlich verständliche Hemmungen in der Einsatzfreudigkeit beseitigen würde, nämlich die Tatsache, daß dem Blinden, dem Einarmigen usw. die Rente nicht gekürzt werden kann, wenn er auch einen Arbeitsplatz ganz ausfüllt und dementsprechend den vollen Lohn eines Gesunden erhält.

Dem Buch, das bisher kein Gegenstück hat und gerade zur rechten Zeit herauskommt und dessen Beispiele mit großer Sachkenntnis zusammengetragen sind, ist weiteste Verbreitung zu wünschen. Es wird auch in Friedenszeiten seine Bedeutung behalten.

K. Alvensleben VDE

EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher

DK 621.396

Kartei für Funktechnik. 1. und 2. Lieferung. Kasten 165×180 mm. Funkschau-Verlag, München 2, 1941. Preis 9,50 RM, jede weitere Lieferung 3 RM.

[Die soeben erschienene 2. Lieferung der Kartei für Funktechnik (KFT) läßt bereits deutlicher den praktischen Wert der karteimäßigen Aufgliederung des im Laufe der Jahre recht umfangreich gewordenen Stoffes der Funktechnik erkennen. Diese Vorteile sind einmal Ermittlung gewünschter Angaben über ein bestimmtes Gebiet der Funktechnik ohne langes Suchen, zum anderen laufende und schnelle Ergänzung des Werkes nach dem neuesten Stand der Technik. Die Abfassung der Karteikarten selber, an denen namhafte Fachleute der Funktechnik mitgearbeitet haben, läßt nichts zu wünschen übrig. Jeder Funktechniker wird gerne zu diesem Werk greifen und, nach den bisher gelieferten Karten urteilend, auch in den folgenden Lieferungen ein abgeschlossenes Bild über die einzelnen Fachgebiete der Funktechnik, soweit sie bisher durch die Kartei noch nicht erfaßt wurden, finden.] Cs.

Ärztliche Einzelaufgaben bei der Beurteilung der Berufseignung und der Berufseignungsanforderungen. Von Dr. med. Genée. (Beiträge zur Berufseignungskunde. Herausg. v. Reichsinstitut für Berufsausbildung in Handel und Gewerbe im Einvernehmen mit der Deutschen Arbeitsfront). Mit 39 S. im Format A 5. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1941. Preis kart. 2,— RM.

Berufsbildungsplan für den Anlernberuf Rundfunkinstandsetzer. Bearb. vom Reichsinstitut für Berufsausbildung in Handel und Gewerbe. Mit 11 S. im Format A 5. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1941. Preis geh. 0,50 RM.

Doktordissertationen

Bodo Wolfframm, Konstruktive Untersuchung von Klemmgesperre-Kupplungen auf ihre Anwendbarkeit im Fernschreibmaschinenbau. T. H. Berlin 1941.

Sonderdrucke

Jahresbericht der Holländischen Gewerbeinspektion 1939. (Centraal Verslag der Arbeidsinspectie over 1939.) Sonderdrucke: Naleving Electrotechnisch Veiligheidsbesluit 1938. Ongevallen door Electriciteit. Mit 1 B. u. 36 S. Preis 0,50 f. Tijdelijke Electrische Installaties aan Boord van in Aanbouw zijnde Schepen. Mit 7 B. u. 12 S. Preis 0,25 f. Over Veiligheidsmaatregelen bij het Electrisch Lasschen. Mit 8 S. u. 13 S. Preis 0,25 f.

Berichtigung

Im Aufsatz W. A. E. Peters „Mechanische Gleichrichter und ihre Anwendung in der Meßtechnik" in ETZ 62 (1941) H. 27, muß es richtig heißen:

auf S. 606, 6. Zeile der rechten Spalte: „Im Gegensatz zum selbstgesteuerten Gleichrichter werden . . ."

auf S. 608, 9. Zeile der linken Spalte: „Wird der Phasenschieber aber . . ."

auf S. 608, 14. Zeile der linken Spalte: „. . . mit einstellbarer Schaltphase [3] ist . . .".

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

H. Hensell VDE, Frankfurt a. M.-West 13, Franz-Rücker-Allee 3
Dipl.-Ing. W. Kroop VDE, Potsdam-Babelsberg, Blücherstr. 9
Dr. E. A. W. Müller, Berlin-Siemensstadt, Lenther Steig 16
Prof. Dipl.-Ing. H. Schönfeld VDE, Danzig-Langfuhr, Jäschkentaler Weg 5

Abschluß des Heftes: 18. Juli 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Die beiden nächsten Hefte, Nr. 31 und 32, erscheinen am 7. August als Doppelheft

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Springer-Verlag, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 7. August 1941 | Heft 31/32

Die Elektrotechnik im Kriegsjahr 1940/41

Der Daseinskampf des deutschen Volkes hat auch im vergangenen Jahr zu großen Erfolgen geführt. Die Wehrmacht hat den Feind auf allen Kriegsschauplätzen vernichtend geschlagen. Als Folge des Sieges bahnt sich in Europa eine neue Ordnung an, welche den Völkern eine bessere Zukunft bringen wird.

Beim Kampf und Sieg an den Fronten hat die deutsche Technik ebenso wie bei der Stärkung unserer Kriegswirtschaft in der Heimat erneut ihre hohe Leistungsfähigkeit bewiesen und zu den stolzen Erfolgen des vergangenen Jahres wirksam beigetragen. Von der Bedeutung der Elektrotechnik für den deutschen Lebenskampf zeugt auch das vorliegende Berichtsheft, welches der vielfältigen Tätigkeit des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und den Fortschritten auf unserem Fachgebiet gewidmet ist.

Die deutschen Elektrotechniker werden auch in Zukunft mit ihrem ganzen Können und ihren vereinten Kräften die Entwicklungsmöglichkeiten auf allen Zweigen der Elektrotechnik erforschen und nutzbar machen und ihren entschlossenen Leistungswillen einsetzen für Deutschlands Sieg.

Vorsitzender des Verbandes Deutscher Elektrotechniker im NSBDT

Tätigkeitsbericht des VDE 1940/41

Von **W. E. Viefhaus VDE**, Berlin

Geschäftsführer des Verbandes Deutscher Elektrotechniker im NSBDT*)

Der in diesem Bericht zu betrachtende Zeitraum, der im wesentlichen mit dem zweiten Jahre des Krieges gegen England zusammenfällt, ist durch eine Reihe größter deutscher Erfolge gekennzeichnet: Die siegreiche Beendigung des Feldzuges im Westen, die diplomatischen Ereignisse des Herbstes, die im Abschluß und Ausbau des Dreimächtepaktes gipfeln, und die Wiederherstellung der Ruhe und Ordnung auf dem Balkan, die die Ausschaltung des letzten englischen Einflusses auf dem europäischen Kontinent bedeutet. Noch sind die militärischen Handlungen zu Lande, zu Wasser und in der Luft in vollem Gange, aber schon lassen sich innerhalb der unter dem Schutz der deutschen Wehrmacht stehenden Küsten des Kontinents die Umrisse der Neuordnung Europas erkennen. Mehr und mehr wächst bei allen Völkern Europas das Verständnis für die politischen Notwendigkeiten und damit die Einsicht für die Maßnahmen Deutschlands und seiner Verbündeten zur Neugestaltung der Beziehungen der Völker zueinander.

Neben dem militärischen und staatspolitischen Genie unseres Führers sind diese Erfolge den vereinten und auf das gemeinsame Ziel ausgerichteten Kräften des gesamten deutschen Volkes zu verdanken. Es ist selbstverständlich, daß im 20. Jahrhundert die Technik einer der maßgebenden Faktoren bei dieser Zusammenfassung aller Kräfte ist. Die Anerkennung der Technik und ihrer hervorragenden Männer ist heute Allgemeingut geworden.

Auch die Elektrotechnik und mit ihr der Verband Deutscher Elektrotechniker hatte in dem ihr zugewiesenen Rahmen große Aufgaben zu erfüllen. Der folgende Bericht gibt einen Überblick darüber, welche Arbeiten der VDE im vergangenen Jahr durchgeführt hat, insbesondere soweit sie die Fortsetzung seiner bisherigen, fast fünfzigjährigen Tätigkeit darstellen. Darüber hinaus wurden noch weitere Arbeiten durchgeführt, auf die im Rahmen dieses Berichtes nicht näher eingegangen wird. Der Bericht läßt erkennen, daß trotz der Kriegsverhältnisse die wichtigsten Arbeiten nicht nur in unverminderterm Maße weitergeführt wurden, sondern daß Zahl und Umfang der Arbeiten zum Teil wesentlich zugenommen haben. Trotz der verstärkten Arbeitsleistung jedes einzelnen haben die zahlreichen ehrenamtlichen Mitarbeiter des VDE wieder Zeit und Kräfte für die gemeinsame Arbeit eingesetzt. Auch an dieser Stelle sagen wir allen Mitarbeitern des VDE, insbesondere den Vorsitzenden der VDE-Ausschüsse, unseren Dank.

*) Für die Zusammenstellung der Unterlagen danke ich Herrn Dipl.-Ing. Herm. Wagner und den anderen Herren der VDE-Geschäftsstelle. Der Bericht entspricht dem Stande von Anfang Juni 1941.

Der VDE als Vorschriften- und Normenstelle

Anerkennung der VDE-Bestimmungen

Nachdem durch Verordnung des Reichswirtschaftsministers und des Reichsministers des Innern der Geltungsbereich der Zweiten Durchführungsverordnung zum Energiewirtschaftsgesetz auf die Ostmark[1]) und das Sudetenland[2]) ausgedehnt und damit die Anwendbarkeit der VDE-Bestimmungen in diesen Gebieten sichergestellt worden war, wurde durch eine Verordnung vom 6. 7. 1940 das Energiewirtschaftsrecht auch in den eingegliederten Ostgebieten eingeführt[3]). Nach diesen Verordnungen gilt vom 1. 1. 1941 ab in den genannten Gebieten für die Einrichtung und Unterhaltung elektrischer Anlagen und Verbrauchsgeräte ausschließlich die Zweite Durchführungsverordnung zum Energiewirtschaftsgesetz, nach der die VDE-Bestimmungen als anerkannte Regeln der Elektrotechnik gelten. In den wiedergewonnenen Gebieten von Eupen und Malmedy wurde in vollem Umfang das geltende Reichsrecht eingeführt, so daß sich hier Sondermaßnahmen erübrigten. Da auch schon durch ein vorläufiges Abkommen zwischen dem VDE und dem Böhmisch-Mährischen Elektrotechnischen Verband (ESČ) die Anwendbarkeit der VDE-Bestimmungen im Protektorat geregelt war[4]), ist nun für die Elektroindustrie und Elektrizitätsversorgung eine Liefer- und Bezugsmöglichkeit nach einheitlichen Bestimmungen für das gesamte Großdeutsche Reich gewährleistet.

Die Vorschriften für Starkstromfreileitungen (VDE 0210) waren schon früher durch den Preußischen Minister für Volkswohlfahrt den in Betracht kommenden Behörden zur Beachtung im Rahmen der bestehenden allgemeinen baupolizeilichen Bestimmungen auferlegt worden[5]). In den Erlassen vom 20. 9. und 28. 10. 1939[6]) forderte der Reichsarbeitsminister die Beachtung dieser Vorschriften bei den Behörden des ganzen Reiches. Um die Bestimmungen einheitlich zu gestalten, legte der Reichsarbeitsminister in seinem Erlaß vom 6. 12. 1940 diejenigen Normen und Vorschriften fest, die baupolizeilichen Maßnahmen im gesamten Großdeutschen Reich zugrunde gelegt werden sollen. In diesem Erlaß wurden auch die Freileitungsvorschriften wieder als baupolizeiliche Richtlinien anerkannt.

Über die alleinige Gültigkeit der VDE-Bestimmungen im Elsaß, in Lothringen, in Luxemburg und im Generalgouvernement ist noch keine zwingende Regelung getroffen worden. Das gleiche gilt für die erst letzthin nach Abschluß des Feldzuges im Südosten befreiten Gebiete der Untersteiermark.

Ganz anders liegen die Dinge natürlich in den Deutschland umgebenden Ländern des europäischen Großwirtschaftsraumes. In einigen Fällen wurde durch von gegenseitigem Vertrauen getragene Verhandlungen zwischen dem VDE und den elektrotechnischen Körperschaften jener Länder eine Anerkennung der VDE-Bestimmungen in dem Sinne erreicht, daß solche elektrotechnischen Erzeugnisse, die diesen Bestimmungen entsprechen, ohne weiteres verwendet werden können, wenn sie von der Prüfstelle des VDE oder des betreffenden Landes begutachtet sind oder das VDE-Prüfzeichen führen. Mit den Stellen anderer Länder wurden solche Verhandlungen vorbereitet, zum Teil stehen sie kurz vor ihrem Abschluß.

Normen der Elektrotechnik

Die im Zuge der Maßnahmen zur Leistungssteigerung vorbereitete Verbindlichkeitserklärung von Normen der Elektrotechnik fand dadurch ihren vorläufigen Abschluß, daß der Leiter der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie (WEI) im Auftrage des Reichswirtschaftsministers am 16. 10. 1940 die verbindliche Anwendung

[1]) ETZ 61 (1940) S. 159.
[2]) ETZ 60 (1939) S. 735.
[3]) ETZ 61 (1940) S. 703.
[4]) ETZ 61 (1940) S. 483.
[5]) ETZ 52 (1931) S. 304.
[6]) ETZ 60 (1939) S. 1195 u. 1355.

von 48 DIN VDE-Normblättern anordnete[7]). Ferner erklärte der Leiter der WEI durch eine Anweisung vom 30. 4. 1941 weitere vier Normblätter über Blei-Sammler-Batterien für Kraftfahrzeuge für den Bereich der WEI für verbindlich. Es ist in Aussicht genommen, weitere Normblätter demnächst für verbindlich zu erklären.

Durch diesen Einsatz der Normung als Maßnahme zur Leistungssteigerung hat das Interesse an den Normungsarbeiten in weiten Kreisen der deutschen Wirtschaft stark zugenommen. Der Deutsche Normenausschuß (DNA) hat diese Entwicklung durch einen Aufruf seines Präsidiums an die Führer der gewerblichen Betriebe gefördert[8]). Anderseits gab diese Entwicklung dem DNA Veranlassung, das Normenwerk durch Beseitigung der Fachsymbole (z. B. DIN VDE) straffer zusammenzufassen und zu vereinheitlichen[9]).

Das wachsende Interesse aller Wirtschaftszweige an den Normungsarbeiten führte weiterhin zu Verhandlungen über eine grundlegende Neugestaltung der Normenorganisation der Elektrotechnik. Es ist in Aussicht genommen, unter Hinzuziehung aller Beteiligten einen „Fachnormenausschuß Elektrotechnik" im DNA zu gründen, in dem alle technisch-wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Grundlagen zur Normung zusammengeführt werden sollen. Auch die Deutsche Reichspost, der ja durch eine Ausführungsvorschrift des Sonderbeauftragten für technische Nachrichtenmittel die Bearbeitung der Normen auf diesem Gebiet übertragen wurde[10]), wird in dem Fachnormenausschuß maßgeblich mitarbeiten. Die Verhandlungen stehen vor ihrem Abschluß, und es ist zu erwarten, daß der Fachnormenausschuß in Kürze in Tätigkeit treten wird.

Der weitere Ausbau des Normenwerkes der Elektrotechnik wurde wie früher vom VDE in Zusammenarbeit mit der WEI und anderen Stellen durchgeführt. 33 Normblätter wurden im Berichtsjahr neu herausgegeben, einige für ungültig erklärt, so daß die Gesamtzahl der elektrotechnischen Normen z. Z. etwa 500 Blätter beträgt. In geänderter Ausgabe erschienen 20 Blätter, eine große Anzahl weiterer Normblattentwürfe ist in Bearbeitung.

War es bisher immer das Bestreben, bei der Ausarbeitung von Normen allen interessierten Kreisen die Mitarbeit zu ermöglichen, indem die Normblattentwürfe in Fachzeitschriften mit Einspruchsfrist veröffentlicht und alle vorgebrachten Bedenken eingehend beraten wurden, so zeigte es sich in der ersten Zeit des Krieges, daß dieses Verfahren beim Vorliegen besonderer staatspolitischer und volkswirtschaftlicher Notwendigkeiten nicht mit der erforderlichen Schnelligkeit zum Ziele führte. Der DNA gab daher die Möglichkeit, normenähnliche Festlegungen in wesentlich gekürzter Zeit in Form von sogenannten „Einheitsblättern" herauszugeben, die im Kurzverfahren ohne Entwurfsveröffentlichung von den Hauptbeteiligten ausgearbeitet werden[11]). Diese Einheitsblätter können als Vorläufer deutscher Normen betrachtet und später in solche umgewandelt werden. Die Elektroindustrie hat von dieser Möglichkeit der Herausgabe von Einheitsblättern schon weitgehend Gebrauch gemacht; seit November 1940 sind 45 Einheitsblätter der Elektrotechnik erschienen, eine große Zahl weiterer Blätter befindet sich in Vorbereitung.

Die Einarbeitung der von dem früheren Österreichischen Normenausschuß herausgegebenen Önormen der Elektrotechnik in das deutsche Normenwerk wurde dadurch abgeschlossen, daß die bestehenden Önormen mit Ausnahme von fünf Blättern nach Überprüfung durch die Gauwaltung Wien des NSBDT und die Zweigstelle des Deutschen Normenausschusses in Wien zum 31. 12. 1940 außer Kraft gesetzt wurden[12]), da sie fast vollständig mit den entsprechenden DIN VDE-Normen übereinstimmten oder inzwischen durch neuere DIN VDE-Normen überholt waren.

Arbeiten von allgemeiner Bedeutung

Zur Vereinheitlichung und strafferen Zusammenfassung des Vorschriftenwerkes wurden die VDE-Ausschüsse und ihre Arbeitsgebiete in folgende vier Gruppen aufgeteilt:

Gruppe 1 „Anlagen, Errichtung, Betrieb",
Gruppe 2 „Betriebsmittel (außer Gruppe 3 und 4), Messung, Prüfung, Stoff-Fragen",
Gruppe 3 „VDE-Zeichen-Erzeugnisse",
Gruppe 4 „Schwachstrom- und Fernmeldetechnik".

Bei dieser Aufteilung ist dafür gesorgt, daß — soweit möglich — verwandte Arbeitsgebiete in einer Gruppe zusammengefaßt sind. Jede Gruppe wird von einem Gruppenobmann betreut. Die Gruppenobmänner, der Vorsitzende des Prüfstellenbeirates, die Geschäftsführung des VDE und der Leiter der Prüfstelle bilden den Ausschuß der Gruppenobmänner, der vom Vorsitzenden des VDE geführt wird. Dieser Ausschuß hat seine Arbeiten begonnen und konnte schon in einigen Fällen wertvolle Anregungen zur weiteren Ausgestaltung und Vereinheitlichung des Vorschriftenwerkes geben. Die von der Geschäftsstelle ausgearbeiteten „Richtlinien für die VDE-Ausschüsse und ihre Arbeiten" wurden eingehend durchberaten und als Schlußentwurf fertiggestellt. Diese Richtlinien sollen dazu dienen, eine einheitliche Bearbeitung der VDE-Bestimmungen in den verschiedenen Ausschüssen zu gewährleisten.

Die Arbeiten des Ausschusses im VDE für den Vierjahresplan wurden wie bisher weitergeführt, zumeist allerdings im Rahmen der einzelnen Sonderausschüsse. Sie haben ihren Niederschlag in einer Reihe von neuen Umstell- und K-Vorschriften des VDE gefunden. — An den auf Veranlassung des Munitionsministeriums und der Reichsstelle für Metalle vom Verein deutscher Ingenieure (VDI) durchgeführten Bezirkstagungen über „Werkstoffumstellung im Maschinen- und Apparatebau" hat der VDE durch Einflußnahme auf die Programmgestaltung und Bereitstellung von Vortragenden mitgewirkt.

Sowohl für den Werkstoffeinsatz als auch die Gestaltung elektrotechnischer Erzeugnisse sind die Arbeiten des Ausschusses für Tropenprüfungen von besonderer Bedeutung. Nachdem früher schon in verschiedenen VDE-Bestimmungen einzelne Hinweise über tropensichere Ausführungen enthalten waren, ergab sich bei den Arbeiten des Ausschusses für Fernmeldetechnik erneut das Bedürfnis, das Verhalten von Nachrichtengeräten unter einheitlich festgelegten tropenmäßigen Beanspruchungen festzustellen. Der neu gegründete Ausschuß veröffentlichte einen Entwurf[13]) zu Prüfbestimmungen (VDE 0475), der unter Berücksichtigung der eingegangenen Anregungen weiter behandelt wurde.

Zur Durchführung dringend notwendiger Vereinheitlichungsarbeiten, die besonders die Gebiete des Installationsmaterials, der Schaltgeräte, auch auf elektrischen Bahnen, und der Verbrauchsgeräte betreffen, wurde ein besonderer Ausschuß für die Vereinheitlichung der aus Sicherheitsgründen zu fordernden Kriech- und Luftstrecken sowie für deren eindeutige Begriffsbestimmung gebildet. Die Arbeiten sind auf alle Gebiete ausgedehnt worden, in denen diese Fragen von Bedeutung sind.

Zur Bearbeitung von Problemen aus dem Gebiet der elektrischen Regelungstechnik erwies sich die Neubildung eines besonderen Ausschusses als notwendig; dieser Ausschuß hat seine Arbeiten in steter Fühlungnahme mit den Arbeiten des Fachausschusses für Regelungstechnik beim Verein deutscher Ingenieure in Angriff genommen. Der von dem letztgenannten Fachausschuß ausgearbeitete Entwurf über Begriffe, Bezeichnungen und Symbole der Regelungstechnik wurde vom Standpunkt der Elektrotechnik eingehend behandelt.

---

7) ETZ 61 (1940) S. 1063.
8) DIN-Mitt. 24 (1941) S. N 1.
9) ETZ 61 (1940) S. 767.
10) Reichsanz. Nr. 63 vom 14. 3. 1940.
11) ETZ 62 (1941) S. 435.
12) ETZ 61 (1940) S. 1063; DIN-Mitt. 23 (1940) S. N 90 u. 24 (1941) S. N 28.
13) ETZ 61 (1940) S. 1063; Einführung hierzu ETZ 61 (1940) S. 1203.

Der Ausschuß für Schaltzeichen brachte die Arbeiten zur Neubearbeitung der Schaltzeichen und Pläne für Fernmeldeanlagen (DIN 40 700) zum Abschluß. Neue Arbeiten zur Aufstellung eines Normblattes für Buchstaben-Kurzzeichen im Zusammenhang mit den Schaltzeichen und eines weiteren Normblattes für Schaltzeichen für Bahnanlagen wurden in Angriff genommen.

In der ordentlichen Sitzung des Ausschusses für Einheiten und Formelgrößen (AEF) im April 1941 wurde über den Stand der Arbeiten berichtet und eine Aussprache über die weitere Tätigkeit des AEF durchgeführt. Als endgültige Normblätter sind folgende Arbeiten erschienen: Einheit der Lautstärke, Form und Anordnung der Buchstaben und Zeichen im Formeldruck, Normtemperaturen, Normdruck, Normzustand, Benennungen für Gleich- und Wechselspannungssysteme, allgemeine physikalische Konstanten und damit zusammenhängende Umrechnungsgrößen und Einheiten, elektrische Eigenschaften gestreckter Leiter und die Benennungen elektrischer Ströme und elektrischer Spannungen (DIN 1318, 1338, 1343, 1348, 40 103, 40 108 und 40 113). Eine Reihe weiterer Arbeiten steht kurz vor dem Abschluß und wird demnächst in Form von Normblättern oder Entwürfen veröffentlicht. Der Entwurf über Grundbegriffe der Meßtechnik (DIN 1319) und andere Aufgaben wurden eingehend behandelt und der Fertigstellung nahegebracht.

Errichtung und Betrieb elektrischer Anlagen

Die Neubearbeitung der Errichtungsvorschriften unter 1000 V wurde vordringlich in Angriff genommen und führte zu mehreren Teilentwürfen. Schon vor Beginn der Arbeiten wurde mit dem Böhmisch-Mährischen Elektrotechnischen Verband (ESČ) Fühlung genommen, um die Bedürfnisse des Protektorats bei der Neubearbeitung von vornherein zu berücksichtigen. An den bestehenden Errichtungsvorschriften erwiesen sich mehrere Änderungen als notwendig[14]), die sich insbesondere auf einige Begriffserklärungen, auf die Verwendung und Verlegung der verschiedenen Leitungsarten bezogen und zum Teil durch den Fortschritt der Technik, zum Teil durch Anpassung an andere VDE-Bestimmungen bedingt waren. Im Hinblick auf die Verwendung isolierter Leitungen mit Zinkleitern wurden besondere K-Vorschriften aufgestellt[15]). In diesen sind auch die Bedingungen behandelt, denen die elektrischen Anlagen zum Anschluß von Heizgeräten in behelfsmäßigen Luftschutzräumen entsprechen müssen. — Die „Richtlinien für probeweise zugelassene Verlegung blanker Leiter in isolierenden Rohren für Starkstromanlagen" (VDE 0288) wurden als Entwurf veröffentlicht[16]).

Die Betriebsvorschriften erfuhren nur einige geringfügige Änderungen bezüglich der Begriffserklärungen für explosionsgefährdete Räume[17]).

Der Ausschuß für Theateranlagen brachte die Arbeiten an VDE 0108 „Vorschriften für Errichtung und Betrieb elektrischer Starkstromanlagen in Theatern, Versammlungsräumen, Zirkusanlagen, Lichtspieltheatern, Waren- und Geschäftshäusern sowie in fliegenden Bauten unter freiem Himmel" zum Abschluß[18]). Diese Vorschriften sollen späterhin die Grundsätze zur Durchführung der preußischen Polizeiverordnung vom 15. 2. 1935 in Theatern, öffentlichen Versammlungsräumen, Zirkusräumen sowie in Lichtspieltheatern ersetzen. Durch einen gemeinsamen Erlaß des Reichswirtschaftsministers, des Reichsführers ꞩꞩ und Chefs der Deutschen Polizei und des Preußischen Finanzministers vom 27. 3. 1941 wurde bestimmt, daß zunächst wahlweise die „Grundsätze" oder VDE 0108 angewendet werden können[19]).

Die von einer Arbeitsgruppe des Ausschusses für Errichtungsvorschriften aufgestellten „Leitsätze für die elektrische Ausrüstung von Werkzeugmaschinen" (VDE 0113) wurden als Entwurf veröffentlicht[20]). Mit baldiger Fertigstellung und Inkraftsetzung dieser Leitsätze ist zu rechnen.

Der Ausschuß für elektrische Anlagen in der Landwirtschaft behandelte die „Betriebsvorschriften für elektrische Anlagen in landwirtschaftlichen Betrieben und ländlichen Anwesen" weiter. Es stellte sich hierbei als zweckmäßig heraus, diese Vorschriften nicht in Form einer VDE-Bestimmung, sondern als Reichspolizeiverordnung durch das Reichswirtschaftsministerium herauszugeben. Die hierzu notwendigen Vorarbeiten führte der VDE-Ausschuß durch. — Weiterhin stellte der Ausschuß einen Entwurf zu VDE 0131 „Leitsätze für die Errichtung von elektrischen Weidezäunen" auf[21]). Hierbei wurden auch die Erfahrungen verwertet, die in Dänemark mit solchen Zäunen gewonnen wurden.

An den „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in Bergwerken unter Tage" (VDE 0118) wurden einige Änderungen vorgenommen, die durch eine Anpassung an andere VDE-Bestimmungen bedingt waren[22]).

Die umfangreichen Arbeiten auf dem Gebiet des Schlagwetter- und Explosionsschutzes wurden weitergeführt. Die Vorschriften für schlagwetter- bzw. explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel (VDE 0170/0171) wurden nochmals als Entwurf veröffentlicht[23]). Da auch hierauf wieder eine größere Zahl von Einsprüchen einging, ist nicht vor Ende dieses Jahres mit einem Abschluß der Arbeiten zu rechnen. In VDE 0166 „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in gefährdeten Räumen von Sprengstoffbetrieben" erwies sich zunächst eine Änderung der Begriffserklärung für gefährdete Räume als notwendig[24]). Eine vollständige Neubearbeitung von VDE 0166 ist in Aussicht genommen. Die „Vorschriften für elektrische Ausrüstung explosionsgeschützter gleisloser Elektrofahrzeuge mit Akkumulatorenbetrieb" (VDE 0172) wurden fertiggestellt[25]). Das zugehörende Normblatt über die mechanische Ausrüstung explosionsgeschützter Elektrokarren, DIN 43 580, wurde als Entwurf veröffentlicht[25]). Dieses Normblatt dürfte in Kürze fertiggestellt werden. — Es ist beabsichtigt, die „Leitsätze für die Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten und Lagerräumen" (VDE 0165) zu überarbeiten und hierbei an Stelle von „Leitsätzen" umfangreiche Errichtungsvorschriften unter Anpassung an VDE 0171 aufzustellen.

An den Errichtungsvorschriften über 1000 V (VDE 0101) mußten einige Änderungen vorgenommen werden, die in erster Linie durch Angleichung an andere VDE-Bestimmungen notwendig wurden[26]).

Der Ausschuß für Erdung brachte die Arbeiten zur Neufassung von VDE 0141 „Vorschriften für Erdungen in Wechselstromanlagen über 1 kV" zum Abschluß[27]). — Es ist beabsichtigt, demnächst die Leitsätze für Schutzmaßnahmen (VDE 0140) im Zusammenhang mit der Neubearbeitung der Errichtungsvorschriften unter 1000 V (VDE 0100) zu überarbeiten. — Als Gemeinschaftsarbeit des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern, des VDE und der Wirtschaftsgruppen Elektrizitätsversorgung sowie Gas- und Wasserversorgung waren Anfang 1940 „Richtlinien für die Benutzung des Wasserrohrnetzes zur Erdung in elektrischen Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen bis 250 V gegen Erde" aufgestellt worden. Da diese Richtlinien mit den VDE-Bestimmungen in enger Verbindung stehen, wurden sie auch als Sonderdruck unter der Bezeichnung VDE 0190/VII. 40 herausgegeben[28]).

14) ETZ 61 (1940) S. 1159 u. 1183, 62 (1941) S. 363.
15) ETZ 61 (1940) S. 597, 643 u. 1160, 62 (1941) S. 83.
16) ETZ 61 (1940) S. 883.
17) ETZ 61 (1940) S. 1140 u. 62 (1941) S. 278.
18) ETZ 61 (1940) S. 1183.
19) ETZ 62 (1941) S. 531.

20) ETZ 62 (1941) S. 63.
21) ETZ 61 (1940) S. 791.
22) ETZ 61 (1940) S. 1140 u. 62 (1941) S. 363.
23) ETZ 61 (1940) S. 883.
24) ETZ 61 (1940) S. 747.
25) ETZ 61 (1940) S. 923 u. 963.
26) ETZ 61 (1940) S. 791 u. 62 (1941) S. 185.
27) ETZ 61 (1940) S. 963 u. 62 (1941) S. 383.
28) ETZ 62 (1941) S. 278.

Der Ausschuß für Freileitungen hat in Zusammenarbeit mit dem Ausschuß für Isolatoren Richtlinien für die Zuordnung der Kettenisolatoren zu den Leitungsquerschnitten auf Grund ihres Dauerlastwertes in die Vorschriften VDE 0210 eingearbeitet[29]). Gleichzeitig wurden einige weitere Änderungen an VDE 0210 und VDE 0210 U vorgenommen[29]). Weitere Änderungen an VDE 0210 ergaben sich durch die Berücksichtigung von Mehrfach-Abspannketten bei der Zuordnung der Isolatoren zu den Leitungsquerschnitten, bei den Bestimmungen für Überkreuzung von Wasserläufen sowie bei der Verzinkungsprüfung, ferner durch die Einarbeitung einiger Bestimmungen aus den früheren österreichischen Freileitungsvorschriften EVW 18, da diese am 31. 12. 1940 außer Kraft traten[30]). Ferner wurde ein Entwurf zu einer weiteren Änderung veröffentlicht, wonach der Einbau von Fernmeldeisolatoren RM I in neue Starkstromnetze künftig nicht mehr zulässig sein soll[31]). — Als Ergebnis der Arbeiten des Unterausschusses Gestänge und der in den letzten Jahren angestellten Mastumbruchsversuche wurde ein neues Verfahren zur Berechnung von Mastgründungen entwickelt[32]). — Weitere Arbeiten wurden zur Aufstellung eines Normblattentwurfes DIN 48 012 für Langstabisolatoren durchgeführt[32a]), eine Ergänzung des Normblattes DIN VDE 8060 durch Aufnahme von Doppelklöppeln vorbereitet und eine Neubearbeitung der Normblätter DIN VDE 8200, 8201, 8204 und 8205 für Drähte und Seile in Angriff genommen.

Als Gemeinschaftsarbeit des VDE mit der WEI und WEV wurden Bestimmungen, Vereinheitlichungen und Normungen auf dem Gebiet der Niederspannungs-Freileitungs-Ortsnetze vorbereitet. Durch diese Arbeiten soll für eine dem neuzeitlichen Stand der Technik entsprechende Bauweise Sorge getragen werden. Als erstes Ergebnis wurde eine größere Zahl von Normblattentwürfen veröffentlicht[33]), wobei das betreffende Heft der ETZ zu einem auf das Thema „Freileitungs-Ortsnetze" ausgerichteten Fachheft ausgestaltet wurde.

An VDE 0115 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für elektrische Bahnen" wurden einige Änderungen vorgenommen, die insbesondere die Schutzmaßnahmen bei Unterführung von Straßenbahnfahrleitungen unter Bauwerken bzw. Brücken der Reichsbahn sowie die Schutzvorrichtungen an Brücken über Fahrleitungen der Reichsbahn behandeln[34]). Ein Einführungsaufsatz des Ausschußvorsitzenden gibt nähere Begründungen für die Änderung der Vorschriften.

Der Ausschuß für Blitzableiterbau (ABB) hat im Hinblick auf spätere Verbindlichkeitserklärung die von ihm aufgestellten Normblätter überprüft und eine Neubearbeitung und Ergänzung dieser Normen (DIN VDE 1800 ff.) begonnen. Bei diesen Arbeiten sollen die Forderungen des Ausschusses für Ortsnetze hinsichtlich des Blitzableiterbaues und des Erdungsmaterials berücksichtigt werden.

Elektrische Nachrichtentechnik

Die Arbeiten auf dem Gebiet des elektrischen Nachrichtenwesens waren besonders durch eine rege Normungstätigkeit gekennzeichnet. Die Normung erstreckte sich im wesentlichen auf Einzelteile elektrischer Nachrichtengeräte und wurde im Interesse der Leistungssteigerung beschleunigt durchgeführt. Die Ergebnisse der Arbeiten sind daher größtenteils in Einheitsblättern der WEI festgelegt. Folgende Einheitsblätter sind bisher erschienen oder stehen kurz vor ihrer Verabschiedung:

Kernbleche für Übertrager (DIN E 41 302),
Festkondensatoren (DIN E 41 311 bis 41 352),
Festwiderstände (DIN E 41 400 bis 41 423),
Zifferblattdurchmesser für elektrische Uhren (DIN E 41 495),
Spulenkörper für Feindraht-Festwiderstände (DIN E 41 528),
Sicherungen für Fernmeldegeräte (DIN E 41 575/76, 41 579).

Ein Entwurf zu einer Neubearbeitung des Normblattes über Flachklemmen (DIN 41 000) nebst zugehörender Umstellnorm wurde veröffentlicht[35]).

Der Ausschuß für Fernmeldetechnik brachte die Neubearbeitung von VDE 0804 „Vorschriften für Fernmeldegeräte" zum Abschluß[36]). Über die Hauptgesichtspunkte, die bei der Neubearbeitung beachtet wurden, unterrichtet ein besonderer Einführungsaufsatz[37]). An VDE 0800 „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen" wurden die durch das Inkrafttreten von VDE 0804 notwendigen Änderungen vorgenommen[38]). Die Vorarbeiten zur Neufassung von VDE 0800 konnten weitergeführt werden. Im Zusammenhang hiermit wurde die Frage der Sicherheitsbestimmungen für Lochkarten-Maschinen, Fernseh-Großbild-Anlagen u. dgl. behandelt.

Der Ausschuß für Rundfunkstörungen hat die neuen „Regeln für die Hochfrequenzentstörung von elektrischen Maschinen und Geräten für Nennleistungen bis 500 W" (VDE 0875) nach Veröffentlichung des Entwurfs und Bearbeitung der Einsprüche verabschiedet[39]). Hierdurch ist für das ganze Reichsgebiet eine Funkentstörung ermöglicht, wie sie bisher nur in der Ostmark durch gesetzliche Bestimmungen festgelegt war. Von bestimmten Terminen ab wird die Pflichtentstörung von neugebauten Haushaltgeräten und gewerblichen Maschinen sowie Kleinmotoren und Umformern verlangt. — Veranlaßt durch den Sonderbeauftragten für technische Nachrichtenmittel wurde ein Vorentwurf zu VDE 0876 „Vorschriften für das Störmeßgerät" und zu VDE 0877 „Leitsätze für die Messung von Funkstörspannungen" aufgestellt.

Geräte und Anlagenteile für Verteilungsanlagen unter 1000 V

Auf dem Gebiet des Installationsmaterials wurden die laufenden umfangreichen Arbeiten zur Aufteilung von VDE 0610 „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung" abgeschlossen. Der endgültige Wortlaut der neuen Arbeiten

VDE 0606 „Vorschriften für Abzweig- und Verbindungsdosen, Hauptleitungsabzweigkästen sowie Leuchtenklemmen",
VDE 0616 „Vorschriften für Lampenfassungen und Lampensockel bis 750 V",
VDE 0620 „Vorschriften für Steckvorrichtungen bis 750 V 100 A",
VDE 0632 „Vorschriften für Schalter bis 750 V 25 A"

wurde bekanntgegeben[40]) und mit einer ausreichend bemessenen Übergangsfrist in Kraft gesetzt. Bei der Beratung der Schlußfassung wurde der Böhmisch-Mährische Elektrotechnische Verband (ESČ) beteiligt, wodurch sich wertvolle Gesichtspunkte für die Angleichung der VDE-Bestimmungen an die Bedürfnisse des Protektorats ergaben. Die letzten Arbeiten der Installationsfragenkommission (IFK) wurden ebenfalls berücksichtigt, so daß die jetzt vorliegenden neuen Vorschriften in jeder Beziehung den neuzeitlichsten Anforderungen der Technik entsprechen. Nach Ablauf der Übergangsfrist zur Einführung der neuen Vorschriften werden von VDE 0610 nur noch wenige Bestimmungen bestehen bleiben, die in besondere VDE-Arbeiten übernommen werden sollen. Um die bestehenden Vorschriften VDE 0610 der neuen Entwicklung der Technik und des VDE-Vorschriftenwerkes

---

[29]) ETZ 61 (1940) S. 727.
[30]) ETZ 62 (1941) S. 63 u. 105.
[31]) ETZ 62 (1941) S. 140.
[32]) A. Bürklin, Beton u. Eisen 39 (1940) S. 171 u. 240; A. Bürklin, ETZ 61 (1940) S. 1143.
[32a]) P. Jacottet, ETZ 62 (1941) S. 623 u. 626.
[33]) ETZ 62 (1941) S. 140.
[34]) ETZ 62 (1941) S. 363.
[35]) ETZ 61 (1940) S. 1159.
[36]) ETZ 61 (1940) S. 683, 62 (1941) S. 167.
[37]) ETZ 62 (1941) S. 153.
[38]) ETZ 62 (1941) S. 167.
[39]) ETZ 61 (1940) S. 767 u. 1203.
[40]) ETZ 62 (1941) H. 24.

anzupassen, wurden Ende 1940 noch einige Änderungen vorgenommen[41]), die sich u. a. auf die Zulassung von Schmelzeinsätzen in Steckern beziehen. — Einen weiteren Schritt zur Vereinheitlichung des Vorschriftenwerkes bedeutet die Zusammenfassung verschiedener Prüfbestimmungen in VDE 0470 „Regeln für Prüfverfahren und Prüfgeräte" [42]), die die Wiederholung gleichlautender Bestimmungen in zahlreichen Vorschriften erübrigt. — Schließlich wurden einige Normblattentwürfe über Schutzartzeichen, Einführungsöffnungen und Abdeckplatten (DIN 40 013, 46 250, 49 075) veröffentlicht[43]). Die Normen über Schutzkontaktstecker und -steckdosen für 10 A (DIN 49 440/43) sind erschienen.

Die Werkstoffumstellung bei Installationsmaterial bedingte Änderungen an VDE 0608 K und VDE 0610 K[44]). Hierbei handelte es sich einerseits um das Verbot von Kontaktteilen aus Zink und anderseits um die Verwendung von Austauschmetallen bei Fassungen. Es ist in Aussicht genommen, die Bestimmungen für Klemmen in VDE 0608 bei einer Neubearbeitung nicht mehr auf Installationsmaterial zu beschränken, sondern auf das Gesamtgebiet der Klemmanschlüsse auszudehnen.

Der Ausschuß für Sicherungswesen hat an den bereits fertiggestellten „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A" (VDE 0635) einige Änderungen vorgenommen[45]), die dadurch bedingt waren, daß der Geltungsbeginn verschoben werden mußte, weil nicht alle zu den Vorschriften gehörenden Normblätter rechtzeitig fertiggestellt werden konnten. Die Normen für Sockel, Schraubkappen, Schmelz- und Paßeinsätze mit Elektro-(Edison-)Gewinde für Stromstärken bis 60 A sind bereits im Oktober 1940 erschienen. — Die zunächst in VDE 0610 K[46]) festgelegten Bestimmungen für den Austausch von Messing und den Verzicht auf die bisher übliche Vernickelung für Kopf- und Fußkontakte von Sicherungspatronen wurden in eine neue Bestimmung VDE 0635 K übernommen[47]). — Ein Entwurf zu VDE 0641 „Vorschriften für Leitungsschutzschalter bis 25 A 300 V" wurde zugleich mit einem Einführungsaufsatz veröffentlicht[48]). Auf Grund der Einsprüche erwies es sich als zweckmäßig, noch nicht die Form von „Vorschriften" zu wählen, sondern weiterhin „Leitsätze" herauszugeben.

Der Ausschuß für Relais konnte seine Arbeiten zur Aufstellung von „Regeln für Relais und Auslöser in Starkstromanlagen" nach einer Unterbrechung jetzt wieder verstärkt aufnehmen. Beachtliche Schwierigkeiten mußten zur Vereinheitlichung der auf diesem Gebiet verwendeten verschiedenartigen Begriffe überwunden werden. Gerade diese Arbeiten sind aber von größter Wichtigkeit und wurden oft aus der Praxis heraus gefordert[49]). Durch Zusammenarbeit mit dem Ausschuß für Fernmeldetechnik wird dafür gesorgt, daß diese Begriffe nicht nur für Relais und Auslöser in Starkstromanlagen gelten, sondern für das Gesamtgebiet der Elektrotechnik verwendet werden können. Bei der inzwischen erschienenen Neubearbeitung des Relaisbuches der WEV wurde bereits der VDE-Entwurf zugrunde gelegt, um für die Zukunft eine einheitliche Begriffsbildung herbeizuführen.

Die Arbeiten des Ausschusses für Drähte und Kabel waren auch im Berichtsjahr im wesentlichen durch die Rohstoff-Frage, sowohl bezüglich der Leiterwerkstoffe als auch der Isolierstoffe, bedingt. An den Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen (VDE 0250) wurden einige Änderungen vorgenommen[50]), die sich u. a. auf die Zusammensetzung der Gummihülle, die Erhöhung der Nennspannung bei kabelähnlichen Leitungen und die Bestimmungen über die Beidrähte sowie den Aufbau von Rohrdrähten beziehen. Weitere Änderungen bezüglich Sondergummiaderleitungen befinden sich in Vorbereitung[51]). In VDE 0250 U wurden die Bestimmungen über Gummihülle und Gummimantel, die Aderkennzeichnung, die Gummiaderleitungen, Rohrdrähte, kabelähnliche Leitungen und Gummischlauchleitungen geändert[52]). — An den im Mai 1940 verabschiedeten neuen „Vorschriften für umhüllte Leitungen" (VDE 0252) ergab sich eine geringfügige Änderung der Mindestdrahtzahl bei Kupferleitern[53]).

Weitere Änderungen an den Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern, den zugehörenden Umstellvorschriften sowie den Umstellvorschriften für Starkstrom-Innenraumkabel (VDE 0260, 0260 U, 0270 U) wurden als Entwurf veröffentlicht[54]); diese Änderungen beziehen sich in erster Linie auf den Aufbau der Leiter und auf die Einführung neuer Leiterquerschnitte. Zur Aufstellung von Vorschriften für bleimantellose Erdkabel wurden die ersten Vorbereitungen in die Wege geleitet.

An den Vorschriften für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen und den zugehörenden Umstellvorschriften (VDE 0810 und 0810 U) wurden ebenfalls einige Änderungen vorgenommen[55]), die u. a. die Zusammensetzung der Gummihülle und die Abschirmung bei Leitungen betreffen sowie Bestimmungen über Seidenlackdrähte in die Vorschriften einfügen.

Durch die Verlagerung des Werkstoffeinsatzes während des Krieges wurde auf Zink als Leiterwerkstoff zurückgegriffen. In einem Merkblatt über Zinkleitungen (VDE 0290) sind die Gesichtspunkte zusammengestellt, die bei der Herstellung und Verwendung von Zinkleitungen zu beachten sind[56]). Für Zink als Leiterwerkstoff für die Elektrotechnik wurden besondere K-Vorschriften (VDE 0204 K) aufgestellt[57]). Zugelassen sind nach den K-Vorschriften für isolierte Leitungen[57]) (VDE 0250 K) lediglich Leitungen für feste Verlegung, und zwar in Form von KNGA-Zn-Leitungen und von Rohrdrähten, wobei vorerst nur der Nennquerschnitt von 2,5 mm² vorgesehen wurde. Zum Anschluß dieser Leitungen an Installationsmaterial wurden K-Leitsätze für Klemmen (VDE 0608 K) aufgestellt; die Anwendung der Zinkleitungen ist in VDE 0100 K geregelt[56]). — In die K-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen (VDE 0250 K) wurden außerdem neue Bestimmungen über KNGAW-Leitungen aufgenommen[58]).

Für elektrische Leitungen in Kraftfahrzeugen wurden bestehende Normblätter vom Fachnormenausschuß der Kraftfahrindustrie unter Mitwirkung des VDE neu bearbeitet (DIN 72 551, Blatt 1 und 2).

Verbrauchsgeräte

Der Ausschuß für Elektrowärmegeräte beabsichtigt, eine vollständige Neubearbeitung der in sein Arbeitsgebiet fallenden Vorschriften durchzuführen. Die Vorarbeiten hierzu wurden in Angriff genommen. Folgende Sonderfragen werden in einzelnen Arbeitsgruppen behandelt: Einbau-Heizkörper, offene Glühkochplatten, wasserdichte Tauchsieder, Gas- und Kohleanzünder, Zuleitungen zu Elektrowärmegeräten. Vorab wurden noch einige Änderungen an den bestehenden Vorschriften für Elektrowärmegeräte (VDE 0720) durchgeführt[59]), die einerseits das Verbot solcher Temperatur begrenzenden Vorrichtungen enthalten, bei denen die Abschaltung des Gerätes durch einen Kurzschluß der Zuleitungen erreicht werden soll, und die sich anderseits auf Prüfung der Erwärmung und des Berührungsschutzes beziehen. — Die Normblätter über Aufnahmestellen für Herdkochplatten und über Regelschalter für Vollherde (DIN 44 912 bzw. 49 280) sind erschienen, die Blätter DIN 44 911 und 44 915

41) ETZ 61 (1940) S. 1043 u. 62 (1941) S. 43.
42) ETZ 61 (1940) S. 1084 u. 62 (1941) S. 567.
43) ETZ 62 (1941) S. 435.
44) ETZ 61 (1940) S. 883 u. 1159.
45) ETZ 61 (1940) S. 1159, 62 (1941) S. 63 u. 383.
46) ETZ 61 (1940) S. 597.
47) ETZ 62 (1941) S. 323.
48) ETZ 61 (1940) S. 863.
49) Vgl. E. Roder, ETZ 62 (1941) S. 409.
50) ETZ 61 (1940) S. 1159 u. 62 (1941) S. 63.
51) ETZ 62 (1941) S. 185.
52) ETZ 61 (1940) S. 555, 1159 u. 62 (1941) S. 323.
53) ETZ 61 (1940) S. 903.
54) ETZ 62 (1941) S. 455.
55) ETZ 61 (1940) S. 55 u. 62 (1941) S. 105.
56) ETZ 61 (1940) S. 597.
57) ETZ 61 (1940) S. 597 u. 883.
58) ETZ 62 (1941) S. 323.
59) ETZ 61 (1940) S. 597 u. 963.

über Einzelkochplatten und Bratpfannen bzw. Kocher, Strahlofen und Bügeleisen erschienen in neuer Ausgabe.

Der Unterausschuß Temperaturregler beabsichtigt, sein umfangreiches Arbeitsgebiet durch mehrere VDE-Bestimmungen zu erfassen. Zu diesem Zweck wurden mehrere Arbeitsgruppen eingesetzt, die u. a. folgende Gebiete behandeln: Einheitliche Begriffsbestimmungen, Abstufung von Stromstärken, einheitliche Kriech- und Luftstrecken, Baubestimmungen, Prüfung der Regler, Bestimmungen über Quecksilberschaltröhren, Regler und Begrenzer für Kleingeräte wie Bügeleisen, Wasserkocher u. dgl., Regler für Raumtemperaturen u. dgl. Auf einzelnen dieser Gebiete konnten schon vorläufige Ergebnisse erzielt werden.

Um während des Krieges Umstellungen der Erzeugungsstätten zu vermeiden, wurde die Inkraftsetzung der neuen Vorschriften für schmiegsame Elektrowärmegeräte (VDE 0725) bis auf weiteres ausgesetzt[60]). Der Unterausschuß Heizkissen befaßte sich weiterhin mit der Frage der Glasgespinst-Isolierung bei Heizkordeln für Heizkissen.

Der Entwurf zu VDE 0735 „Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren und für motorisch betriebene Elektrowerkzeuge" wurde weiterbearbeitet[61]). Es wurde für zweckmäßig erachtet, die Bestimmungen für Kühlgeräte in besonderen Vorschriften festzulegen, mit deren Bearbeitung eine Arbeitsgruppe beauftragt wurde. Da gegenüber dem Entwurf zahlreiche Änderungen vorgenommen wurden, soll ein zweiter Entwurf demnächst veröffentlicht werden.

Auf dem Gebiet der elektromedizinischen Geräte wurden Arbeiten des VDE-Ausschusses nicht durchgeführt. Die Deutsche Gesellschaft für Kreislaufforschung und die WEI haben aber einen Normblattentwurf DIN 13 401 über Elektro-Kardiographen ausgearbeitet, der bereits veröffentlicht wurde[62]).

Maschinen, Transformatoren, Stromrichter, Akkumulatoren, Meßgeräte

Der Ausschuß für Maschinen hat in letzter Zeit eine Reihe von Änderungen und Ergänzungen zu VDE 0530 „Regeln für elektrische Maschinen" in einem Entwurf zusammengestellt[63]). Hierbei wurden auch neuere Isolierstoffe wie z. B. Kunststoffolien, insbesondere Triazetatfolie, und Glasfasererzeugnisse bezüglich ihrer Wärmebeständigkeit behandelt. Die Beratung der Einwendungen und die weiteren Verhandlungen, insbesondere mit der Reichsstelle für technische Erzeugnisse, führten zu erheblichen Abweichungen gegenüber dem Entwurf und zu Auswirkungen auf die zugehörenden Umstellvorschriften VDE 0530 U[64]). — Die Normblätter für Drehstrom-Motoren für unterirdische Wasserhaltungen, DIN VDE 2652 Bl. 1 bis 3, wurden für ungültig erklärt, da ihr Inhalt überholt ist[65]). Das Blatt DIN 42 960 über Klemmen für Maschinen wurde neu herausgegeben.

Auf dem Gebiet der Transformatoren wurden umfangreiche Normungsarbeiten durchgeführt. Die Normblätter DIN VDE 2600 und 2601 über Einheitstransformatoren, Hauptreihe 5 bis 100 kVA bzw. Sonderreihe 5 bis 50 kVA, wurden neu bearbeitet[66]). An Stelle der bisherigen Blätter DIN VDE 2602 und 2611 tritt die neue Norm DIN 42 602 „Drehstrom-Öltransformatoren nach DIN 42 600, 42 601 und 42 603, Größtmaße für Transformatoren und Abmessungen der Rollen". Der neue Entwurf DIN 42 603 „Transformatoren mit Öl-Selbstkühlung und Kupferwicklung und normaler Induktion für Drehstrom 50 Per/s, 5 bis 1600 kVA" soll an Stelle der bisherigen Norm DIN VDE 2610 treten. Die Fortsetzung zu dieser Norm wird das Blatt DIN 42 604 für den Nennleistungsbereich von 2000 bis 10 000 kVA bilden. Für Transformatoren mit erniedrigter Induktion gelten die Blätter DIN 42 605 und 42 606, die im übrigen DIN 42 603 und 42 604 entsprechen. Eine besondere Arbeitsgruppe befaßte sich mit der Normung von Transformatordurchführungen. DIN 42 615 Blatt 1 bis 5 behandelt Durchführungen für Innenraum und Freiluft Reihe 1[67]), DIN 42 616 Blatt 1 bis 5 die entsprechenden Durchführungen für Reihe 10 bis 30[68]). Als Vorarbeiten für diese Normung wurden mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen die Stoßkennlinien der verschiedenen Durchführungen aufgenommen, um sicherzustellen, daß stoßspannungstechnisch günstige Formen der Normung zugrunde gelegt werden. Weiterhin wurden Einheitsblätter der WEI für verschiedene Einzelteile von Transformatoren, wie Ölablaßventile und -vorrichtungen, Anschlußstücke für Ölreinigungsanlagen, Ölstandsanzeiger, Entlüfter und Thermometertaschen ausgearbeitet, die in Kürze erscheinen werden (DIN E 42 621 bis 42 625).

Der Ausschuß für elektrische Bahnausrüstung hat die „Umstell-Vorschriften für elektrische Maschinen und Transformatoren auf Bahn- und anderen Fahrzeugen" (VDE 0535 U) verabschiedet, die ruhende Aluminiumwicklungen für Motoren behandeln[69]).

Die umfangreichen Arbeiten des Ausschusses für Schweißanlagen zur Aufstellung neuer Regeln für Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißgeneratoren und -umformer sowie für Lichtbogen-Schweißtransformatoren (VDE 0540 und 0541) wurden nach Veröffentlichung zweiter Entwürfe mit einem Einführungsaufsatz, in dem die vorgenommenen Änderungen begründet werden, zu Ende geführt[70]).

Der Ausschuß für Akkumulatoren befaßte sich mit den Vorarbeiten zur Aufstellung allgemein gültiger Vorschriften für Akkumulatoren, die wesentlich über die Festlegungen in den bestehenden Vorschriften für Kraftfahrzeug-Anlaß- und -Beleuchtungsbatterien (VDE 0809) hinausgehen. Es sind Begriffsbestimmungen für Akkumulatoren vorgesehen, in denen die in der Akkumulatorentechnik bisher nicht einheitlich verwendeten Ausdrücke eindeutig festgelegt werden sollen. Die in verschiedenen VDE-Bestimmungen zerstreut enthaltenen Angaben für Akkumulatoren, insbesondere für die Unterbringung von Akkumulatorenbatterien und für Akkumulatorenräume, sollen in den neuen Vorschriften einheitlich zusammengefaßt und ergänzt werden. Außerdem wird angestrebt, Anforderungen an Akkumulatoren festzulegen. — Einige Normblätter über Bleisammler für Kraftfahrzeuge wurden vom Fachnormenausschuß der Kraftfahrindustrie unter Mitwirkung des VDE neu herausgegeben (DIN 72 311, Blatt 1 bis 4).

Der Ausschuß für Meßgeräte bereitete die Ausarbeitung von Regeln für Elektronenstrahl-Oszillographen vor.

Die Neubearbeitung von VDE 0414 „Regeln für Wandler" wurde verabschiedet[71]). Durch eine Veröffentlichung Anfang dieses Jahres wurde die Übergangsfrist zur Inkraftsetzung der neuen Regeln auf zwei Jahre verlängert[72]).

Die Regeln für Zähler (VDE 0418) werden einer vollständigen Neubearbeitung unterzogen, die gegenüber der bisher gültigen Ausgabe wesentlich erweitert wird. Eine rasche Fertigstellung ist beabsichtigt im Hinblick auf die Typisierungsmaßnahmen der WEI, denen die neubearbeiteten VDE-Regeln zugrunde gelegt werden sollen. Als vordringlich wurde bereits in Form einer Änderung der bisherigen Ausgabe der Regeln für Zähler die Kennzeichnung des Grenzstromes auf dem Leistungsschild festgelegt[73]).

---

[60]) ETZ 61 (1940) S. 663.
[61]) ETZ 60 (1939) S. 1195.
[62]) ETZ 61 (1940) S. 883; Z. Kreislaufforsch. 32 (1940) H. 15, S. 518/531.
[63]) ETZ 62 (1941) S. 323.
[64]) ETZ 62 (1941) S. 511.
[65]) ETZ 61 (1940) S. 1159; DIN-Mitt. 23 (1940) S. N 78.
[66]) ETZ 61 (1940) S. 840.
[67]) ETZ 62 (1941) S. 511.
[68]) ETZ 62 (1941) S. 531.
[69]) ETZ 61 (1940) S. 747 u. 863.
[70]) ETZ 61 (1940) S. 981 u. 62 (1941) S. 83.
[71]) ETZ 61 (1940) S. 1003.
[72]) ETZ 62 (1941) S. 415.
[73]) ETZ 61 (1940) S. 883.

Hochspannungstechnik

Der Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad über 1 kV behandelte zusammen mit dem Ausschuß für Freileitungen die Frage der Mindestisolation von Freileitungen gegenüber betriebsfrequenten Überspannungen und Stoßbeanspruchungen. Dem Überschlagsverhalten der Freileitungsisolation bei Nebel und Verschmutzung soll in Zukunft besondere Beachtung geschenkt werden. Zur Festlegung einheitlicher Werte für die Überschlag-Stoßspannungen bzw. Schlagweiten ist eine Zusammenstellung über die Schlagweiten von Freileitungshängeketten mit verschiedenen Isolatorentypen und Gliedzahlen, mit und ohne Lichtbogenschutzarmaturen, abhängig von der Nennspannung bearbeitet worden. Da bei der schon oben erwähnten Normung von Langstabisolatoren für diese neue Isolatorenart erstmalig bestimmte Mindestwerte der 50 %-Überschlag-Stoßspannung verlangt wurden, sollen später in VDE 0210 auch die an Freileitungsisolatoren allgemein zu stellenden Mindestanforderungen hinsichtlich Stoßspannung festgelegt werden.

Der Ausschuß für Hochspannungsgeräte verabschiedete die Änderungen an VDE 0670 „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte"[74]), die in einem Einführungsaufsatz des Vorsitzenden ausführlich begründet wurden. — Weiter wurde ein Normblattentwurf DIN 48109 „Freiluftstützisolatoren für gekittete Armaturen" ausgearbeitet[75]). Dieses Blatt ist gleichzeitig als Einheitsblatt der WEI erschienen. — Die Frage der an Vergußmassen zu stellenden Anforderungen und die für vergossene Teile vorzusehenden Schlagweiten wurde behandelt. Eine Neunormung der Durchführungsbolzen für Kupfer und Aluminium wurde vorbereitet.

Der Ausschuß für Isolatoren bearbeitet zusammen mit dem Ausschuß für Freileitungen verschiedene Normblätter, über die bereits bei den Arbeiten des Ausschusses für Freileitungen berichtet ist. In Zusammenhang mit der Neuausgabe der Normblätter DIN VDE 8007, 8009 und 8014 und der geänderten Bewertungsgrundlage der Kettenisolatoren nach dem Dauerlastwert wurden die Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren (VDE 0446) entsprechend geändert[76]). Hierdurch wurden die Umstellvorschriften zu diesen Leitsätzen entbehrlich. Es ist beabsichtigt, diese Prüfleitsätze neu zu bearbeiten und hierbei auch ausländische Erfahrungen zu verwerten. — Auch die Normblätter über Stützenisolatoren (DIN 48 002 bis 48 005) sind in neuer Ausgabe erschienen.

Der Ausschuß für Röntgenanlagen führte eine Neubearbeitung von VDE 0121 (bzw. DIN RÖNT 5) „Vorschriften für den Hochspannungsschutz in nichtmedizinischen Röntgenanlagen" durch, da die bisherige Fassung der neuzeitlichen Technik nicht mehr gerecht wurde. Zugleich mit den Fortschritten auf dem Gebiet der zerstörungsfreien Werkstoffuntersuchung sind die dazu benötigten Röntgenanlagen sehr vervollkommnet worden. Unter Verwertung der auf die Entwurfsveröffentlichung eingegangenen Anregungen konnte die Schlußfassung bereits verabschiedet werden[77]). — Es ist beabsichtigt, auch die Vorschriften für medizinische Röntgenanlagen (VDE 0120) neu zu bearbeiten. Die bisher als Anhang in VDE 0120 und 0121 gegebenen Betriebsvorschriften werden voraussichtlich später gesondert bearbeitet.

In Zusammenhang mit der im November 1939 verabschiedeten Neubearbeitung von VDE 0430 „Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke" wurden jetzt auch die „Regeln für das Messen von Spannungen in Röntgenanlagen mit der Kugelfunkenstrecke" (VDE 0431) überarbeitet. Die grundlegenden Bestimmungen in VDE 0430 und VDE 0431 sind gleichlautend, während VDE 0431 noch die zusätzlichen Bedürfnisse der Röntgentechnik berücksichtigt. Nach Veröffentlichung des Entwurfs konnte die Schlußfassung im Dezember 1940 verabschiedet werden[78]).

Isolierstoffe

Der Ausschuß für Isolierstoffe arbeitete weiter an der Festlegung von Eigenschaftswerten von Isolierstoffen und Erforschung der Eigenschaften und Verwendbarkeit neuartiger Stoffe sowie an der Vervollkommnung und Vereinheitlichung der Prüfverfahren. Hierbei ergaben sich häufig Möglichkeiten zu nutzbringender Zusammenarbeit mit Werkstoffausschüssen anderer Körperschaften.

Einen wesentlichen Schritt auf dem Wege der Vereinheitlichung der Prüfverfahren bedeutete die Neubearbeitung von VDE 0303 „Leitsätze für elektrische Prüfungen von Isolierstoffen", die im Juli vorigen Jahres abgeschlossen wurde[79]). Die restlichen Bestimmungen für mechanische und thermische Prüfungen aus VDE 0302 wurden mit den Leitsätzen zur Prüfung der Glutfestigkeit zusammengefaßt und redaktionell überarbeitet[79]). Es wurde davon Abstand genommen, die Bestimmungen in Form von Vorschriften weiter bestehen zu lassen, sie wurden statt dessen in die Form von Leitsätzen gebracht. Es ist beabsichtigt, die Leitsätze VDE 0302 nur so lange bestehen zu lassen, bis die mechanischen und thermischen Prüfverfahren für nicht metallische Werkstoffe in Form von DIN-Normblättern des DVM festgelegt worden sind. Zwei dieser Normblätter aus dem Gebiet der Kunststoffprüfung, und zwar je eins für die Herstellung von Proben und für Biegeversuche, sind bereits erschienen (DIN 53 451 und 53 452).

Der Unterausschuß „Faserstoffe" nahm einige geringfügige Änderungen an VDE 0318 „Leitsätze für Hartpapier und Hartgewebe" vor[80]). — Das Normblatt DIN VDE 602 „Rollenpreßspan" wurde in geänderter zweiter Ausgabe fertiggestellt. Zu den „Bezeichnungsvorschriften, Lieferbedingungen und Prüfverfahren für Preßspan (-span)" des Reichsausschusses für Lieferbedingungen (RAL) wurde Stellung genommen und Abgleichung erzielt.

Der Unterausschuß „Preßstoffe" nahm Änderungen und Ergänzungen an VDE 0320 „Leitsätze für nichtkeramische gummifreie Isolierpreßstoffe" vor[81]), die z. T. durch Angleichung an die sogenannte „Typisierung" und durch Rückwirkungen der neuen Fassung von VDE 0303 bedingt sind. Bei der Gründung des „Typisierungsausschusses" der Fachabteilung 7 „Isolierstoffe" der WEI und der „Technischen Vereinigung der Hersteller typisierter Preßmassen und Preßstoffe", in dem neben den Herstellerkreisen auch die Behörden und Fachverbände vertreten sind, wurde auch eine enge Verbindung des VDE zum Typisierungsausschuß hergestellt.

Auf dem Gebiet der nichthärtbaren Kunststoffe werden Untersuchungen über die Prüfung und Bewertung von wärmebeständigen Kunststoff-Folien als Austauschstoffe für Glimmererzeugnisse durchgeführt. Diese Untersuchungen stehen in Zusammenhang mit der gerade jetzt abgeschlossenen Änderung von VDE 0530 U[82]) und sollen später eine Ergänzung dieser Umstellvorschriften bringen.

Zusammen mit der Herausgabe der Eigenschaftstafel keramischer Isolierstoffe für die Elektrotechnik (DIN 40 685) wurden die Leitsätze für die Prüfung keramischer Isolierstoffe (VDE 0335) von Grund auf neubearbeitet und in weitem Umfang ergänzt. Nach Veröffentlichung des Entwurfs und Behandlung der Einsprüche wurde die Schlußfassung im November 1940 verabschiedet[83]). Das Normblatt und die zugehörigen Leitsätze bilden eine wertvolle Bereicherung der Isolierstoff-Forschung und der Unterlagen für den Konstrukteur elektrischer Geräte.

74) ETZ 62 (1941) S. 83.
75) ETZ 62 (1941) S. 185.
76) ETZ 61 (1940) S. 727.
77) ETZ 61 (1940) S. 663 u. 62 (1941) S. 235.

78) ETZ 61 (1940) S. 943 u. 62 (1941) S. 278.
79) ETZ 61 (1940) S. 791.
80) ETZ 61 (1940) S. 1203.
81) ETZ 61 (1940) S. 1084.
82) ETZ 62 (1941) S. 511.
83) ETZ 61 (1940) S. 815, 1159 u. 1203.

Der Unterausschuß „Lacke" stellte Entwurf und Schlußfassung der Leitsätze für die Prüfung von Isolierlacken (VDE 0360) fertig[84]); über die Art der getroffenen Festlegungen und ihre Begründungen unterrichtet der nachträglich veröffentlichte Einführungsaufsatz[85]). Die Leitsätze beschränken sich ausdrücklich auf die Angabe von Prüfverfahren, während die Festlegung von Eigenschaftswerten späteren Veröffentlichungen vorbehalten bleiben soll.

[84]) ETZ 61 (1940) S. 840 u. 1183.
[85]) ETZ 62 (1941) S. 435; Sonderdruck VDE 0380/V. 41.

Der Ausschuß für Isolieröle prüfte die Frage, ob die Ausarbeitung von Umstellvorschriften über die Mindestdurchschlagsfestigkeit von Transformatorenölen zweckmäßig sei; eine abschließende Entscheidung wurde noch nicht getroffen. Die weitere Frage, ob Vorschriften über Kabelöle aufgestellt werden sollten, wurde dahingehend geklärt, daß für Höchstspannungskabel eine Festlegung als verfrüht angesehen wird, und daß bei den übrigen Kabeln Festlegungen nicht erforderlich sind, da für das fertige Kabel VDE-Vorschriften bestehen.

Internationale Zusammenarbeit

Obgleich der Krieg naturgemäß Arbeiten der internationalen elektrotechnischen Zusammenschlüsse verhinderte, wurden vom VDE aus bestehende Verbindungen mit ausländischen elektrotechnischen Körperschaften weiter gepflegt und neue Beziehungen angebahnt. Natürlich beschränken sich diese auf diejenigen Länder, die auch politisch zu einer Zusammenarbeit mit dem Großdeutschen Reich bereit sind.

Mit den elektrotechnischen Vereinigungen der Länder des Dreimächtepaktes bestehen seit Jahren freundschaftliche Beziehungen und Besuchsabkommen. – Eine besonders enge Zusammenarbeit ergab sich mit dem Böhmisch-Mährischen Elektrotechnischen Verein (ESČ) und mit dem Slowakischen Elektrotechnischen Verein (SES), die sich in erster Linie auf die Ausgestaltung der Vorschriften und Normen erstreckte. Bei der ersten Tagung des SES vom 6. bis 8. 9. 1940 war der VDE offiziell vertreten[86]).

Mit den in Frage kommenden Stellen in den Deutschland umgebenden Ländern wurde Fühlung genommen. Dänemark nimmt hier insofern eine Sonderstellung ein, als schon früher mit der Dänischen Ingenieurvereinigung neben freundschaftlichen Beziehungen ein Besuchsabkommen bestand[87]). In weitschauendem, auf die zukünftige Gestaltung der gegenseitigen Beziehungen der europäischen Völker gerichteten Sinne wurden Verhandlungen mit den Vorschriften-, Normen- und Prüfstellen in Belgien, Dänemark, Holland und Norwegen geführt, bei denen sich erfreulicherweise auf der anderen Seite ein weitgehendes Verständnis für die behandelten Probleme ergab. Hierbei wurde u. a. festgestellt, daß in vielen Fällen gar nicht solch ein dringendes Bedürfnis nach voneinander abweichenden Sicherheitsbestimmungen vorliegt, wie es bei früheren Verhandlungen manchmal den Anschein hatte. Es ist ja auch nicht gut einzusehen, weshalb beispielsweise ein bestimmtes elektrotechnisches Gerät für verschiedene Länder mit geringen Bevölkerungszahlen und mit etwa gleichen klimatischen Bedingungen jeweils unterschiedlich gebaut werden muß, während für das an Fläche und Bevölkerungszahl vielfach größere, hoch industrialisierte, zentral gelegene Land der Bau nach einheitlichen Bestimmungen möglich ist. So wurde erreicht, daß Elektromaterial, das den VDE-Bestimmungen entspricht, ohne weiteres auch in einer Reihe der benachbarten Länder verwendet werden kann. Darüber hinaus wird das auf solchen Erzeugnissen angebrachte VDE-Zeichen in dem Sinne anerkannt, daß eine erneute Prüfung im Verwendungsland nicht mehr stattzufinden braucht. Die Durchführbarkeit einer weiteren Angleichung der in den einzelnen Ländern aufgestellten Sicherheitsbestimmungen wird noch geprüft. In vertrauensvoller Zusammenarbeit ergeben sich hierdurch technische und wirtschaftliche Vorteile, die nicht nur der einen Seite dienen, sondern allen Beteiligten zugute kommen.

Ähnliche Verhandlungen mit elektrotechnischen Körperschaften anderer Länder wurden angebahnt.

[86]) ETZ 61 (1940) S. 980.
[87]) ETZ 61 (1940) S. 281.

Der VDE als Fachverein des NSBDT

Arbeit im NSBDT und mit anderen Körperschaften

Die Vortrags-, Schulungs- und Organisationsarbeiten des Nationalsozialistischen Bundes Deutscher Technik (NSBDT) sind während des Krieges auf ein Mindestmaß eingeschränkt worden. Auf die Reichsschulungskurse wurde weiterhin verzichtet, um die Plassenburg den Frontarbeitern als Erholungsstätte zu überlassen[88]). In einigen Gauen wurden vom Amt für Technik der NSDAP für alle Angehörigen des NSBDT Gemeinschaftsveranstaltungen durchgeführt. Beispielsweise fand im Gau Mark Brandenburg eine Gauwoche der Technik statt, bei der in fünf Städten Vortragsfolgen techno-politischen und technisch-wissenschaftlichen Inhalts gebracht wurden[89]). — Bei der Schrifttumsschau des NSBDT in München[90]), bei der die überragende kulturelle und wirtschaftliche Bedeutung des technisch-wissenschaftlichen Schrifttums dargelegt wurde, übernahm der VDE die Betreuung der Reichsfachgruppe Energiewissenschaft. Auch an anderen Schrifttumsausstellungen im Rahmen der Fachbuchwerbung war der VDE beteiligt.

Die Rundschau Deutscher Technik (RDT), die techno-politische Wochenzeitung des NSBDT, unterrichtete laufend über die Bedeutung der Technik im politischen Geschehen der Zeit und ihren Beitrag zu den deutschen Erfolgen auf allen Gebieten. Auch aus der Elektrotechnik brachte sie zahlreiche Aufsätze und Berichte, die besonders darauf ausgerichtet waren, Angehörigen anderer Fachgebiete einen Einblick in die Arbeiten der Elektrotechnik zu geben. Sie berichtete fortlaufend über Arbeiten und Veranstaltungen des VDE und seiner Bezirke.

Mit anderen Fachvereinen des NSBDT ergab sich häufig Gelegenheit zu einem zweckvollen Zusammengehen. Dieses erstreckte sich nicht nur auf die Tätigkeit in den einzelnen Bezirken, sondern auch auf die Gesamtvereine bzw. Hauptgeschäftsstellen. In Fragen des Rohstoffeinsatzes in der Elektrotechnik beteiligte sich der VDE an der vom Verein deutscher Ingenieure durchgeführten Reihe von Bezirkstagungen über die „Werkstoff-Umstellung im Maschinen- und Apparatebau", die im Auftrage des Munitionsministeriums und der Reichsstelle für Metalle veranstaltet wurden. Mit den VDI-Fachausschüssen für Haustechnik, für Kunst- und Preßstoffe und für Regelungstechnik ergaben sich Berührungspunkte und gemeinsame Arbeiten. Zwischen den Arbeiten des VDE-Ausschusses für Tropenprüfungen und der Arbeitsgemeinschaft für Auslands- und Kolonialtechnik (Akotech) wurde ein Abgleich der beiderseitigen Fest-

[88]) Rdsch. Dtsch. Techn. 20 (1940) Nr. 47; Dtsch. Techn. 8 (1940) S. 63, 99 u. 183.
[89]) ETZ 62 (1941) S. 84.
[90]) Rdsch. Dtsch. Techn. 20 (1940) Nr. 50; Dtsch. Techn. 8 (1940) S. 555.

legungen versucht. — Auf dem Kunststoffgebiet war die Zusammenarbeit mit dem Verein Deutscher Chemiker (VDCh) von großem Nutzen. Das Gebiet des Korrosionsschutzes wird von der Arbeitsgemeinschaft Korrosion betreut, die sich aus sechs NSBDT-Vereinen einschließlich des VDE zusammensetzt. Die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, der Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern und die Vereinigung der Großkesselbesitzer sind mit dem VDE zusammen in der Reichsfachgruppe Energiewissenschaft des NSBDT zusammengefaßt, wodurch sich eine enge Zusammenarbeit ergab. Als Gemeinschaftsarbeit des Gas- und Wasserfachs und der Elektrotechnik wurden Richtlinien für die Benutzung des Wasserrohrnetzes zur Erdung in elektrischen Starkstromanlagen ausgearbeitet, die auch als Sonderdruck VDE 0190 erschienen sind[91]).

An den Aufgaben der Gemeinschaftsorgane des NSBDT, insbesondere des Deutschen Museums von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München[92]), des Deutschen Normenausschusses (DNA), des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik (DVM), ist der VDE stark interessiert.

Als Träger der Normung der Elektrotechnik erfüllte der VDE wie bisher die Aufgaben eines Fachnormenausschusses des DNA. Diese Aufgaben werden voraussichtlich in Kürze auf den geplanten „Fachnormenausschuß Elektrotechnik" übergehen, in dem der VDE aber entsprechend seinem Arbeitsgebiet eingebaut sein wird. Eingehender wurde hierüber bereits in dem Abschnitt über die „Normen der Elektrotechnik" berichtet. An den grundsätzlichen Beratungen über Normungsfragen und an denen der Normenprüfstelle war der VDE laufend beteiligt, im Präsidium des DNA ist der VDE durch seinen Vorsitzenden vertreten.

Aus der weiteren großen Zahl von Gemeinschaftsarbeiten, an denen der VDE mitwirkte, seien nur einige angedeutet. Bei den Arbeiten des Unterausschusses Preßstoffe wurde bereits die Mitarbeit im sogenannten „Typisierungsausschuß" erwähnt. Die Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Elektrowirtschaft (AFE) bildete auf Anregung des Reichswirtschaftsministeriums und anderer Stellen einen „Arbeitsausschuß für die Anwendung von Austauschstoffen und für Einsparung von NE-Metallen in elektrischen Anlagen" (AANE), in dem der VDE mitarbeitet. Dieser Arbeitsausschuß hat die Aufgabe, den zweckmäßigen Einsatz von Nichteisen-Metallen in der Elektrotechnik zu steuern, und gibt zu diesem Zweck Merkblätter heraus, die in einer großen Zahl von Exemplaren allen in Frage kommenden Stellen zugeleitet werden. Die Merkblätter für das Elektrofach sind bereits erschienen, die für das Baufach sind in Vorbereitung; an beiden hat der VDE mitgewirkt[92a]). Auch zu den Arbeiten des Reichskuratoriums für Wirtschaftlichkeit (RKW) bzw. seiner Ausschüsse und des Reichsinstituts für Berufserziehung in Handel und Gewerbe, insbesondere seitdem hierin die Arbeiten des früheren Datsch und der früheren TWL übernommen sind, konnte der VDE wertvolle Beiträge leisten. Mit verschiedenen Dienststellen der Deutschen Arbeitsfront ergab sich wiederum eine erfreuliche und nutzbringende Zusammenarbeit, insbesondere mit dem Amt für Berufserziehung und Betriebsführung und der Reichsdienststelle „Das Deutsche Handwerk". Auch in der Reichsarbeitsgemeinschaft Windkraft[93]) ist der VDE vertreten.

Die Zusammenarbeit mit Behörden und staatlichen Instituten gestaltete sich wie in den Vorjahren vollauf zufriedenstellend und zeitigte gute Erfolge. Verschiedenen Wehrmachtsdienststellen konnte der VDE bei dem zweckmäßigen Einsatz von Elektroingenieuren behilflich sein[94]). Mit den Gruppen und Kammern der Organisation der gewerblichen Wirtschaft, deren Arbeitsgebiet ganz oder teilweise mit dem der Elektrotechnik in Verbindung steht, wurde laufend Verbindung gehalten.

Vortrags- und Fortbildungswesen

Die Kriegsereignisse hatten örtlich begrenzte Einschränkungen des Vortragswesens zur Folge, insbesondere soweit es sich um die westlichen, im Aufmarschgebiet gelegenen VDE-Bezirke handelt. Im übrigen wurde das Vortrags- und Fortbildungswesen in stärkerem Ausmaß als erwartet durchgeführt, so daß auch im Berichtsjahr wieder beinahe 400 Vortragsveranstaltungen durchgeführt werden konnten. Diese Veranstaltungen fanden zum Teil als Gemeinschaftsveranstaltungen aller NSBDT-Vereine statt. Es zeigte sich, daß bei den Veranstaltungen wider Erwarten zum Teil eine starke Zunahme der Besucherzahlen zu verzeichnen war. Hieraus geht das große Interesse hervor, das von allen deutschen Ingenieuren einer Weiterbildung und Auffrischung ihrer Kenntnisse entgegengebracht wird. Besonders stark war der Zudrang zu den in einigen Bezirken veranstalteten Vortragsreihen und Fortbildungskursen; beispielsweise veranstaltete der VDE-Bezirk Berlin eine Vortragsreihe über elektrische Meßtechnik[95]), die außerordentlich gut besucht war und ein wertvolles Mittel zur technisch-wissenschaftlichen Weiterbildung darstellte. Die vorjährige Vortragsreihe des Berliner Bezirks über „Das freie Elektron in der Physik und Technik" wurde in Buchform herausgegeben[96]). In mehreren Bezirken wurde die Vortragsreihe des VDI über Werkstoffumstellungsfragen als Gemeinschaftsveranstaltung des NSBDT durchgeführt. Die Vortrags- bzw. Fortbildungskurse[97]) für die in der Praxis stehenden Ingenieure gehen zum Teil auf eine Anregung des VDE-Ausschusses für Nachwuchsfragen zurück, der besonders auf die Wichtigkeit der Auffrischung der Kenntnisse und Weiterbildung in den grundlegenden Wissensgebieten hingewiesen hatte.

Auf die Mitgliederversammlung des VDE wurde im Jahre 1940 verzichtet, auch im Jahre 1941 wird eine gemeinsame Tagung aller Angehörigen des VDE nicht stattfinden. Es ist jedoch in Aussicht genommen, an einigen Orten bezirkliche Arbeitstagungen durchzuführen. Als erste dieser Tagungen fand am 23. und 24. Mai 1941 eine Ostdeutsche VDE-Tagung in Danzig[98]) statt, bei der eine Reihe von Vorträgen über die Werkstoffe der Elektrotechnik, d. h. elektrische Leiterwerkstoffe, magnetische Werkstoffe und dielektrische Werkstoffe, gehalten wurde. Die Tagung war in erster Linie für die Angehörigen ostdeutscher VDE-Bezirke bestimmt, doch hatten sich auch einige Teilnehmer aus anderen Teilen des Reichs eingefunden. Es zeigte sich, daß solche Arbeitstagungen sehr gut geeignet sind, einen Teil der technisch-wissenschaftlichen Arbeit einer Mitgliederversammlung zu ersetzen und das Zusammengehörigkeitsgefühl der VDE-Mitglieder zu stärken.

Technischer Nachwuchs

Der im Vorjahr eingesetzte VDE-Ausschuß für Nachwuchsfragen hat seine Arbeiten aufgenommen und einige bereits erfolgreich zum Abschluß gebracht. In einer Ausarbeitung wurden Gesichtspunkte und Maßnahmen zusammengestellt, die geeignet sind, die technische und wissenschaftliche Ausbildung der Ingenieure zu verbessern und damit dem Ziel einer Leistungssteigerung der deutschen Technik zu dienen. Diese Ausarbeitung wurde maßgeblichen Stellen und Behörden eingereicht, damit sie weiteren Maßnahmen des Staates und der Wirtschaft als Unterlagen dienen kann. Aus den gleichen Erwägungen heraus wurde geprüft, auf welche Weise den in der Praxis stehenden Ingenieuren das für ihre Arbeiten dringend benötigte Grundwissen erhalten und erweitert wer-

[91]) ETZ 62 (1941) S. 278.
[92]) E. Schwander, Dtsch. Techn. 8 (1940) S. 501.
[92a]) ETZ 62 (1941) S. 583.
[93]) ETZ 61 (1940) S. 482.
[94]) Vgl. ETZ 62 (1941) S. 235 u. 599.
[95]) ETZ 61 (1940) S. 981 u. 1003.
[96]) ETZ 62 (1941) S. 341.
[97]) ETZ 61 (1940) S. 1184, 1203; 62 (1941) S. 302 u. 324.
[98]) ETZ 62 (1941) S. 341 u. 399.

den kann. Neben den laufenden vom VDE und seinen Bezirken durchgeführten Vorträgen und Vortragsreihen wurden besondere Fortbildungskurse über die grundlegenden Wissensgebiete für zweckmäßig angesehen. Diesbezügliche Anregungen an die VDE-Bezirke wurden mit großem Eifer aufgegriffen und führten bereits zu einer größeren Zahl solcher Kurse[99]), die nach den bisher vorliegenden Ergebnissen gute Erfolge gezeitigt haben. Weiterhin befaßte sich der Ausschuß mit Fragen der Praktikantenausbildung, die inzwischen durch Erlasse des Reichserziehungsministeriums neu geregelt wurde[100]).

In der Betreuung des technischen Nachwuchses durch Vorträge und Arbeitsgemeinschaften stand wie bisher der Bezirk Berlin als Schwerpunkt der Elektroindustrie an erster Stelle. Die hervorragenden Ergebnisse des verflossenen Jahres sind aber auch auf die sehr sorgfältige Vorbereitung der Arbeitsgemeinschaften zurückzuführen. Außer den bereits vorhandenen Arbeitsgemeinschaften wurde noch eine neue „Elektrotechnisches Rechnen" geschaffen, so daß jetzt 14 Arbeitsgemeinschaften bestehen.

Die Aufteilung der Vorträge innerhalb jedes Fachgebietes mit einer Durchschnittszahl von je neun Vortragsabenden in Teilvortragsreihen zu je drei bis vier Vorträgen und die Abhaltung von Übungs- und Berechnungsabenden haben sich besonders gut bewährt. Durchschnittlich nahmen über 50 Zuhörer an jedem Vortragsabend teil.

Auch in den übrigen Bezirken sind wieder erfreuliche Erfolge in der technisch-wissenschaftlichen Betreuung des elektrotechnischen Nachwuchses zu verzeichnen.

Der Aufsatzteil in der ETZ „Für den jungen Ingenieur" dient ebenfalls im wesentlichen der Auffrischung der elektrotechnischen Grundlagen und der Vermittlung zusammenfassender Darstellungen über wichtige Gebiete und fand wie bisher nicht nur beim Nachwuchs, sondern auch bei den älteren Berufskameraden großen Anklang.

VDE-Schrifttum

Die Entwicklung der „Elektrotechnischen Zeitschrift" nach einer Auflagensteigerung hin hat sich im Berichtsjahre weiter fortgesetzt. In den Aufsätzen und Referaten machte sich in stärkerem Maße der Einfluß des Krieges geltend, der an die deutsche Elektrotechnik überhaupt wie an den VDE im besonderen große Anforderungen stellt. Der Förderung des Exports dienten zwei Hefte der ETZ mit Berichten aus der Industrie; sie erschienen zur Zeit der Leipziger Frühjahrsmesse 1941 und fanden gerade auch im Auslande starke Beachtung. An weiteren Sonderheften erschien Heft 27 (1940) mit dem Tätigkeitsbericht des VDE und seinem Überblick „Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit", Heft 49 (1940), das dem Thema „Austauschmetalle in der Elektrotechnik" gewidmet war, Heft 6 (1941) „Freileitungs-Ortsnetze" mit Aufsätzen und den neuen Normblattentwürfen aus diesem Gebiet und schließlich Heft 24 (1941) „Elektrisches Installationsmaterial" mit den Schlußfassungen der neuen VDE-Bestimmungen für Dosen und Leuchtenklemmen, Lampenfassungen und -sockel, Steckvorrichtungen, Schalter sowie Prüfgeräte und Prüfverfahren.

Das „Archiv für Elektrotechnik" wurde in gleicher Weise wie seit 1913 fortgeführt, als Ergänzung der ETZ nach der theoretisch-wissenschaftlichen Seite hin.

Die Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau" konnte gleichfalls uneingeschränkt das Spezialgebiet betreuen, das ihr bei Übernahme 1939 zur Pflege überwiesen war: elektrische Maschinen, Transformatoren, Stromrichter und elektromotorische Antriebe.

Die fremdsprachigen Auslandszeitschriften, an deren Herausgabe der VDE beteiligt ist, brachten im Jahre 1940 je 4 französische, portugiesische und italienische Ausgaben, 6 englische, 7 spanische und 16 russische, davon 4 Fachhefte. Die deutsche Ausgabe — vorzüglich für die skandinavischen Länder — erschien mit 12 Heften, der besonders auf die Forderungen der Rundfunkindustrie zugeschnittene „Radio-Progreß" in 2 Heften deutscher Sprache.

Die 23. Auflage des VDE-Vorschriftenbuches wurde redaktionell und drucktechnisch vorbereitet, sie soll nach dem Stande am 1. Januar 1941 etwa im August herauskommen. Die Sonderdrucke von VDE-Arbeiten wurden in großem Ausmaß verlangt. Die Bedürfnisse des Krieges machten viele neue Bestimmungen nötig, die in um so größerer Auflage gedruckt werden mußten, als seit dem 1. Januar 1941 auch in der Ostmark, im Sudetenland und in den eingegliederten Ostgebieten ausschließlich die VDE-Bestimmungen gelten. Es war auch wieder zu beobachten, daß das Ausland sich stark für die VDE-Vorschriften interessiert.

Unter den fremdsprachigen Ausgaben von VDE-Bestimmungen wurden erstmalig 3 russische Übersetzungen herausgegeben. Weiter erschienen neue spanische und portugiesische Ausgaben, neue englische und französische sind in Vorbereitung.

Als Ergebnis der vom VDE angeregten Arbeiten auf dem Gebiet der Technikgeschichte konnte im Herbst 1940 der erste Band des Werkes von G. Dettmar „Die Entwicklung der Starkstromtechnik in Deutschland" herausgebracht werden. Diese erste umfangreichere Darstellung dieses Gebietes fand gleich viel Interesse bei der Elektroindustrie, den Elektrizitätswerken und nicht zuletzt bei Lehrern und Studierenden an Hoch- und Fachschulen. Der Versuch, eine Art geschichtliche Lehrmethode der Elektrotechnik zu geben, wurde als gelungen bezeichnet. Die Tatsache, daß persönliche Erinnerungen vieler noch lebender Pioniere der deutschen Elektrotechnik benutzt wurden, ist besonders hervorzuheben. Der zweite Band des Werkes, der die Zeit von 1891 bis 1905 umfassen soll, ist in Vorbereitung und soll etwa im Sommer 1942 herauskommen. — In der Reihe der „Geschichtlichen Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik" des VDE Bezirk Berlin wird der fünfte Band über die Entwicklung der Dynamomaschine in Kürze erscheinen, zwei weitere Bände über die Elektrotechnik im Bergbau und die Anfänge der Hochfrequenztechnik sind in Vorbereitung.

Wie bisher war der VDE an der Herausgabe folgender Referatenorgane beteiligt: „Elektrotechnische Berichte", „Literaturkartei Elektrotechnik" und „Sonderkartei VDE-Schrifttum".

Ausstellungen und Messen

Auf der Leipziger Frühjahrsmesse hatte der VDE im Jahre 1940 und 1941 eine Auskunftsstelle eingerichtet[101]). Da die Große Technische Messe nicht stattfand und dementsprechend auch der Messestand des VDE im Haus der Elektrotechnik nicht verwendet werden konnte, war die Auskunftsstelle des VDE im Hause des Messeamts untergebracht. Die Auskünfte erstreckten sich in erster Linie auf VDE-Bestimmungen und DIN-Normen der Elektrotechnik sowie über die im Rahmen des Vierjahresplanes und des Krieges vorgenommenen neuesten Änderungen. Auch die Prüfstelle des VDE war vertreten, um Auskünfte über die Prüfung elektrotechnischer Erzeugnisse und die Verbandskennzeichen zu erteilen.

Der Messe-Ausschuß des VDE trat wie früher bei den beiden letzten Frühjahrsmessen in Tätigkeit, um die Hersteller elektrotechnischer Erzeugnisse auf Verstöße gegen die VDE-Bestimmungen aufmerksam zu machen und bei Beanstandungen beratend einzugreifen. Es konnte wieder festgestellt werden, daß diese Tätigkeit des Messe-Ausschusses recht erfolgreich ist. Auch von den Herstellern wird die Beratung durch den Messe-Ausschuß begrüßt, weil nach der Zweiten Durchführungsverordnung zum

[99]) Vgl. ETZ 61 (1940) S. 1184, 1203; 62 (1941) S. 302 u. 324.
[100]) Rdsch. Dtsch. Techn. 20 (1940) Nr. 33; G. Hopp, Dtsch. Techn. 8 (1940) S. 429; H. Schirop, Studium u. Beruf 10 (1940) S. 143.

[101]) ETZ 61 (1940) S. 227; 62 (1941) S. 235.

Energiewirtschaftsgesetz alle in Deutschland verwendeten elektrischen Geräte den anerkannten Regeln der Elektrotechnik und damit den VDE-Bestimmungen entsprechen müssen.

Neuerdings unterhält der VDE auch auf der Wiener Frühjahrsmesse eine Auskunftsstelle[102]), die den gleichen Aufgaben dient wie die der Leipziger Messe. Die Bedeutung der Wiener Messe liegt insbesondere in ihrer Ausrichtung auf den Bedarf des europäischen Südostraumes, wo die VDE-Bestimmungen häufig angewendet werden.

Weiterhin beteiligte sich der VDE an der Schrifttumsschau des NSBDT in München[103]) sowie an einigen Fachbuchausstellungen.

Prüfstelle und Verbandskennzeichen

Im Zuge der Neuorganisation der Prüfstelle wurden die notwendigen baulichen und organisatorischen Maßnahmen weitergeführt, wobei folgende Gesichtspunkte maßgebend waren: Die Prüfabteilung wird erweitert, um in ihr neben den Zeichenprüfungen eine verstärkte Fabrikatekontrolle durchführen zu können; hierzu ist auch eine wesentliche Erweiterung des Bestandes an Prüfgeräten notwendig. Die Versuchsabteilung (Abteilung Prüftechnik) wird ausgebaut, um in ihr die für die weitere Bearbeitung der VDE-Bestimmungen erforderlichen Untersuchungen vornehmen und Prüfgeräte und Prüfverfahren entwickeln zu können.

Neben diesen Maßnahmen wurden die bisherigen Zeichenprüfungen, Begutachtungen und Fabrikatekontrollen im üblichen Umfang weitergeführt. Die Maßnahmen zur Umstellung auf neuartige Werkstoffe wirkten sich auf die Arbeiten der Prüfstelle dahingehend aus, daß zahlreiche Nachprüfungen vorgenommen werden mußten. Dadurch ergab sich während des Krieges fast gar keine Verringerung des Arbeitsumfanges der Prüfabteilung.

In der Versuchsabteilung wurden mit den vorhandenen Einrichtungen, die von Fall zu Fall den Bedürfnissen entsprechende Erweiterungen erfuhren, Untersuchungen angestellt, die zum Teil die Schaffung neuer Prüfverfahren bezweckten, zum Teil zur Klarstellung offener Fragen dienten, die sich bei Arbeiten der VDE-Ausschüsse ergeben hatten. Umfangreiche Arbeiten erforderten Untersuchungen an Austauschstoffen für Leitungen, Klemmen, Kontaktstiften und Geräten. An Heizkissen wurde die Verwendung von Glasgespinst als Heizleiterkordel untersucht. Zur Beschaffung von Unterlagen für die Normung von Gerätesteckdosen wurden eingehende Erwärmungs- und Gebrauchsprüfungen durchgeführt. Zahlreiche Untersuchungen erstreckten sich auf Elektrowärmegeräte, deren Ergebnisse der Neubearbeitung von VDE 0720 zugrunde gelegt werden sollen. Weitere Untersuchungen bezogen sich auf Trennschutzschalter, Sicherungspatronen, Glühlampenfassungen und Leitungen, bei deren Aufbau neue Isolierstoffe verwendet wurden, ferner auf Installationsrohre, Befestigungskitte und Schalter. — Neue Prüfverfahren waren zu entwickeln, die zum Teil bereits in den neuen „Regeln für Prüfgeräte und Prüfverfahren" (VDE 0470) festgelegt sind. Grundlegende Untersuchungen wurden über die Feuchtigkeitsprüfung von Isolierteilen angestellt. Die endgültige Festlegung eines Prüfverfahrens wurde vorerst noch zurückgestellt, bis der neu eingerichtete Klimaraum weitere Messungen gestattet. Mit Hilfe des neubeschafften Oszillographen wurde die Frage der Kurzschlußprüfung von Schmelzsicherungen mit Prüfgenerator oder Akkumulatorenbatterie weiter untersucht; das Ergebnis wird sich zunächst in der Neubearbeitung von VDE 0641 bemerkbar machen.

[102]) ETZ 62 (1941) S. 279.
[103]) Rdsch. Dtsch. Techn. 20 (1940) Nr. 50; Dtsch. Techn. 8 (1940) S. 555.

Über die verschiedenen Arten und die Anwendung der Verbandszeichen des VDE wurde in der ETZ berichtet[104]). Im Zusammenhang mit den K-Bestimmungen für isolierte Leitungen mit Zinkleiter wurde die Kennzeichnung für Klemmen, die zum Anschluß solcher Leitungen geeignet sind, durch „Zn" neu geschaffen[105]).

Erstmalig zugewiesen wurde im Berichtsjahr ferner der rote mit grünen Querstreifen und schwarzem Aufdruck versehene Papierkennstreifen für Starkstrom-Innenraumkabel nach VDE 0270 U und der rote, mit gelben Querstreifen und schwarzem Aufdruck versehene „Versuchskennfaden".

Da die Verbandskennfäden sich bei einigen Leitungsarten schwer anbringen lassen und auch bei vielen Firmen der Wunsch bestand, eine von der Prüfstelle erteilte Verbandszeichengenehmigung für Leitungen auch äußerlich erkennbar zu machen, gestattete die Prüfstelle den Genehmigungsinhabern die Anbringung des VDE-Zeichens auf den Etiketten der Leitungsringe unter der Bedingung, daß dieses Zeichen mit einem auf die Art des zugewiesenen Verbandskennfadens hinweisenden Zusatz versehen wird. Festgelegt wurde für Leitungen mit dem

schwarz-roten Verbandskennfaden der Zusatz . . Codex,
schwarz-rot-grünen Verbandskennfaden der Zusatz UV,
schwarz-rot-blauen Verbandskennfaden der Zusatz K,
schwarz-rot-gelben Verbandskennfaden der Zusatz PR.

Über die Auswirkung auf die Prüfzeichengenehmigung bei der Einrichtung neuer Betriebsstätten, der Verlegung von Betriebsstätten und bezüglich der Übertragung der Zeichengenehmigung auf andere Firmen wurde ein besonderer Hinweis veröffentlicht[106]). Auch auf das Verfahren bei der Änderung von genehmigten Erzeugnissen in bezug auf Werkstoffe, Abmessungen, Aufbau oder dgl. wurde besonders hingewiesen[107]).

Mitgliederbewegung

Bis zum 1. Mai 1941 erhöhte sich die Mitgliederzahl trotz des Krieges auf etwa 19 000, wobei die vom VDE betreuten Elektrotechniker in der Ostmark, im Sudetengau, im Protektorat Böhmen und Mähren und im Wartheland mitgerechnet sind, soweit sie der Fachgruppe Energiewissenschaft des NSBDT angehören. Durch den Tod verloren wir über 70 Mitglieder, wodurch manche empfindliche Lücke in den Kreis der Mitarbeiter des VDE gerissen wurde. Im Kampf für Großdeutschlands Freiheit und Ehre im Felde und in der Heimat gaben ihr Leben folgende Mitglieder:

Auras, Heinz, Ing., Wilhelmshaven,
Gerbeth, Erich, stud. ing., Dresden,
Jung, Werner, Dipl.-Ing., Stuttgart,
Keiser, Dietrich, Dipl.-Ing., Nürnberg,
Krentscher, Georg, Ing., Breslau,
Kupfer, Kurt, Ing., Rasberg bei Zeitz,
Lehnhäuser, Alfred, Dipl.-Ing., Berlin-Wilmersdorf,
Lipphaus, Franz, Dipl.-Ing., Berlin,
Lutz, Walter, Hauptmann, Stuttgart,
Meier, Georg, Ing., Bremen,
Meyer, August, Dipl.-Ing., Berlin,
Münter, Adolf, Ing., Wuppertal-Barmen,
Rosenthal, Karl, Dipl.-Ing., Berlin,
Schäfer, Willy, Ing., Neuenhain,
Schalt, Ernst, cand. electr., Danzig-Langfuhr,
Schroeder, Helmuth, Ing., Dortmund-Dölde,
Vossen, Karl, Ing., München.

Ihnen und allen anderen Verstorbenen wird der VDE ein ehrendes Andenken bewahren.

[104]) J. Saß, ETZ 62 (1941) S. 331.
[105]) ETZ 61 (1940) S. 727.
[106]) ETZ 62 (1941) S. 105.
[107]) ETZ 62 (1941) S. 475.

Die Entwicklung der Elektrotechnik in der letzten Zeit

Bericht des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

unter Mitarbeit von

Fr. Bauer / A. Dennhardt / F. Eichelhardt / R. Fernau / M. Howald / E. Hueter / W. Kaufmann
W. Köchling / W. Köhler / C. Körfer / H. Kother / A. Krämer / A. W. Kron / G. Lucas
E. Lübcke / G. Meiners / H. Meyer-Delius / H. Ostermann / A. Palm / M. Passer / W. Rier
F. Ring / G. Scharowsky / M. Schenkel / R. Schimpf / I. Sihler / W. Stäblein / R. Tröger
R. Vieweg / W. Vogel / M. Walter / R. Wirths / W. Zillmer

Die Elektroindustrie

DK 621.312

Die deutsche Elektroindustrie ist mit einer Beschäftigtenziffer von rd. ½ Million in diesen Krieg eingetreten. Damit lag der Beschäftigungsgrad bei Kriegsausbruch nicht nur um ein Vielfaches höher als in den Jahren der Krise, er betrug auch ein erhebliches Vielfaches gegenüber dem Stand von 1914. Dabei hat die Elektroindustrie nicht nur mit der allgemeinen Entwicklung der letzten zwei Jahrzehnte Schritt gehalten, sondern im Rahmen des gesamtindustriellen Aufschwunges ihren Anteil nicht unerheblich ausweiten können.

Vergleich mit dem Weltkrieg

Der große Unterschied im Einsatz der Elektroindustrie in diesem Kriege und im Weltkrieg geht weit über das hinaus, was allgemein unter verstärkter Technisierung der Kriegsführung angegeben zu werden pflegt. Zwar traf der Ausbruch des Weltkrieges die deutsche Wirtschaft und mit ihr auch die Elektroindustrie fast völlig unvorbereitet an, so daß fast in jeder Beziehung erst Umstellungen notwendig wurden, die den kriegsmäßigen Einsatz der Betriebe naturgemäß nur verhältnismäßig langsam und beschränkt zur Entwicklung kommen ließen. Noch gewichtiger aber ist der Umstand zu veranschlagen, daß die Bedeutung der Elektroindustrie und die Möglichkeiten, die in dieser damals noch verhältnismäßig jungen Technik verborgen lagen, im Weltkrieg weder voll erkannt noch auch nur annähernd ausgeschöpft wurden. Es ist kennzeichnend für die seinerzeitige wehrwichtige Unterschätzung dieses Zweiges der Technik, daß bei Ausbruch des Krieges die Elektronenröhre in Deutschland so gut wie keine Verwendung fand und daß zu Versuchszwecken benötigte alte Lieben-Röhren aus Amerika eingeführt werden mußten; eine Tatsache, deren schicksalhafte Bedeutung für die Kämpfe im Westen bisher meist unterschätzt wird. Es ist daher auch nicht verwunderlich, daß die Elektroindustrie im Weltkrieg einen Beschäftigtenschwund erlebte, während in diesem Kriege selbst ohne Berücksichtigung des Zuwachses aus der Ostmark, dem Sudetengau und dem Protektorat bei gleichzeitiger restloser Umstellung der Elektrobetriebe auf kriegswichtige Fertigung die Beschäftigtenziffer angestiegen ist. Der Grund hierfür ist nicht allein in dem sich stetig und rasch vollziehenden Vorgang der Durchdringung der gesamtindustriellen Fertigung und anderer Zweige des wirtschaftlichen und öffentlichen Lebens mit Elektrizität zu suchen, sondern in erster Linie darin, daß die kriegswichtige Bedeutung der Elektrotechnik diesmal rechtzeitig erkannt und ihre Möglichkeiten restlos in die Dienste der deutschen Rüstung gestellt wurden.

Erzeugungsplanung

Es ist schlechterdings nicht möglich, heute noch in der Elektroindustrie einen Trennungsstrich zwischen kriegswichtiger und entbehrlicher ziviler Fertigung zu ziehen und dadurch eine Unterteilung zu treffen, die auch nur einigen Anspruch auf eine gewisse komparative Allgemeingültigkeit erheben könnte. Die Eigenart der Elektrizität, nur in sehr beschränktem Umfang speicherfähig zu sein, hat zur Folge, daß die drei großen Arbeitsgebiete der Elektrotechnik, also die Elektrizitätserzeugung, ihre Verteilung und die Anwendung der Elektrizität, auch in der Erzeugung der diesen Zwecken dienenden Maschinen, Leitungen, Geräten und Zubehör kein zeitliches Auseinanderfallen dulden. Solange die Elektrizitätserzeugung in Deutschland nur zu einem Teil in ihrer Leistungsfähigkeit ausgenutzt wurde, konnten naturgemäß jene Fertigungszweige der Elektroindustrie, die vorwiegend Gegenstände für die Verteilung oder Anwendung von Elektrizität herstellten, ihren Anteil am Gesamterzeugungsprogramm ausweiten. In dem Augenblick aber, in dem zufolge der ständig wachsenden Vierjahresplanforderungen die Erzeugungskapazität der Elektrizität voll ausgelastet war, ergab sich der Zwang zur gleichzeitigen Ausweitung der drei genannten großen Fertigungsgebiete der Elektroindustrie. Es ist verständlich, daß zur Vermeidung unerwünschter Unsymmetrien in der Erzeugung und zum Zweck der Synchronisierung der einzelnen Erzeugungsgruppen die Fertigung einem Erzeugungsplan gemäß ausgerichtet werden mußte. Die unabwendbare Folge dieser nicht zu entbehrenden Erzeugungsplanung war die Vornahme von Erweiterungen in einzelnen Fertigungszweigen und von Einschränkungen in einigen wenigen Fachgebieten. Der sprunghaft angewachsene Bedarf an elektrischer Energie setzte sich zugleich um in den steigenden Bedarf an Elektrizitätsversorgungs- und Schaltanlagen, wie auch an den verschiedenartigsten für die Verteilung und Übertragung der elektrischen Energie notwendigen Geräte und Leitungsmaterialien sowie ferner an jenen Erzeugnissen, die der Umwandlung elektrischer Energie in andere Energieformen mittelbar und unmittelbar dienen.

Dabei ließ die vorerwähnte Eigenart der Elektrizität die Aufstellung eines Erzeugungsplanes auf der in anderen Wirtschaftszweigen möglichen und üblichen Basis der sukzessiven Fertigung nicht zu, sondern erzwang geradezu eine simultane Ausweitung sämtlicher im Dienste des Erzeugungsplanes stehenden Fertigungen. Neuinvestitionen waren daher auf allen drei Gebieten notwendig.

Vielfältiges Fertigungsprogramm

Die Elektrizität wurde in weit stärkerem Ausmaß als je zuvor in die in großem Umfang ausgeweitete Urproduktion, also Bergbau, Chemie und Landwirtschaft, eingesetzt. Sie hat auf diesem Gebiet einerseits die Rationalisierung und die Erzeugung von Austauschstoffen gefördert, wie sie anderseits selbst wieder zum Großabnehmer eben derselben Austauschstoffe wurde. Die zunehmende Anspannung im Arbeitseinsatz erzwang den Übergang zu immer stärker arbeitskraftsparenden Herstellungsverfahren, d. h. also zu weitgehender Entlastung der menschlichen Arbeitskraft von mechanischer Arbeit. Daraus erklärt sich, daß nicht nur die Fachgebiete Maschinen, Transformatoren, Apparate, Kabel und Leitungen, Elektrochemie, Akkumulatoren und Batterien, sondern auch jene Fachgebiete eine Ausweitung erfuhren, die, wie beispielsweise das Meßwesen, der Rationalisierung der menschlichen und maschinellen Arbeit förderlich sind, indem sie durch Bereitstellung von Meß-, Prüf-, Steuer-, Registrier-, Fernmelde- und Fernbetätigungsvorrichtungen und -anlagen Güte, Menge und Geschwindigkeit, also die Ergiebigkeit der Arbeit, steigern.

Es zeigt sich also, daß nicht nur eine mengenmäßige Produktionssteigerung vollzogen werden mußte, sondern zugleich eine konstruktiv-technische. Diese Tatsache wird besonders deutlich erkennbar, wenn man sich vergegenwärtigt, daß die Rüstung Anforderungen an die Elektroindustrie gestellt hat, die völlig neue Lösungen erheischten. Die Erfüllung der vielfältigen und oft neuartigen Forderungen war nur möglich dank der unermüdlichen und stetig betriebenen Forschung und Pflege der konstruktiven Weiterentwicklung sowie des in der Elektroindustrie ganz besonders intensiv gepflegten Studiums der technologischen Zusammenhänge. Nur so ist es zu verstehen, daß die Elektrotechnik nicht nur eine dienende Rolle in der Gesamttechnik einnimmt, sondern auch selbst gestaltend auf anderen Gebieten als der Elektrotechnik selbst wirksam wurde.

Auftragsverlagerung

Die großen an die Elektroindustrie gestellten Anforderungen haben bewirkt, daß die Erzeugungskapazitäten, wenn man von einzelnen Fachgebieten wie Wohnraumleuchten, Bügeleisen, Kühlschränken, Geräten für die Kosmetik und ähnlichem absieht, bis zum letzten ausgenutzt werden mußten. Eine Entlastung der teilweise ungeheuer angespannten Fertigungsstätten ergab sich nach dem rasch und siegreich beendeten Feldzug im Westen durch Belegung des nicht voll ausgenutzten Erzeugungspotentials in den besetzten Gebieten. Für die Verlagerung von Aufträgen kamen dabei solche Erzeugnisse in Betracht, die keinen spezifischen Rüstungscharakter trugen, zumal auch im Kriege auf die Herstellung gewisser Verbrauchsgüter, wie Kühlschränke, Herde, Heizöfen u. a. m. nicht ganz verzichtet werden konnte.

Struktur der Elektroindustrie

Man könnte erwarten, daß die Kriegsverhältnisse, da sie zu einer Einschränkung im Zivilen zwangen, d. h. also eine Abdrängung der Verbrauchsgüterproduktion zur Folge hatten, die Struktur der Elektroindustrie nicht unerheblich verändert hätten; denn gerade diese Fertigungsgebiete sind in den kleineren und mittleren Betrieben, den sogenannten Spezialfabriken, zu Hause. Ein Vergleich der Beschäftigungsanteile zeigt aber, daß, im ganzen gesehen, die Strukturverschiebung ein verhältnismäßig geringes Ausmaß angenommen hat. Es waren beschäftigt in Betrieben[1]) mit

	bis 200 Beschäftigten	201 bis 3000 Beschäftigten	mehr als 3000 Beschäftigten
1. 10. 1939 . . .	12,8	34,4	52,8
1. 10. 1940 . . .	13,0	33,8	53,2

Dieses recht erfreuliche Ergebnis zeigt einmal, in welchem Ausmaß auch die Klein- und Mittelindustrie trotz der durch die häufig notwendig gewordenen Umstellungen entstandenen zweifellos nicht immer unerheblichen Schwierigkeiten sowohl in rein produktionstechnischer Hinsicht wie auch im Geschäftsverkehr mit Erfolg Anstrengungen gemacht hat, ihre Erzeugungskapazitäten in den Dienst der Kriegsproduktion zu stellen. Zum anderen aber kann die Tatsache nicht übersehen werden, daß dieses Ergebnis ohne die in kameradschaftlicher Gemeinschaftsarbeit ausgiebig betriebene Aufgabenteilung kaum zu erzielen gewesen wäre.

Ausfuhr

Es spricht für die Leistung der deutschen Elektroindustrie, daß sie trotz ihrer ungeheuren Kriegsanstrengungen in der Lage war, den nur verhältnismäßig gering veränderten Exportbedürfnissen gerecht zu werden. Das naturgemäß stark zurückgegangene Überseegeschäft wurde durch eine beträchtliche Belebung am Europamarkt aufgewogen. In verschiedenen Ländern konnte Deutschland die Gesamtexportanteile seiner Feindländer sogar voll übernehmen, ohne die sich hieraus ergebenden Monopolstellungen preislich in ungerechtfertigter Weise auszunutzen.

Die deutsche Elektroindustrie, die schon früher die Führung unter allen Lieferländern des Weltmarktes innehatte, hat trotz des Krieges ihre Position in der Welt zu behaupten verstanden. Ihre überlegene Technik und Organisation bieten die Gewähr dafür, daß die deutsche Elektroindustrie auch nach dem Kriege ihre führende Stellung in der Welt behaupten, darüber hinaus aber noch weiter festigen und ausbauen wird.

[1]) Altreich, Ostmark und Sudetengau in Prozenten der Gesamtbeschäftigung.

Elektrizitätswirtschaft

DK 621.311.1.003

Das Jahr 1940 hat wie alle anderen Teile der deutschen Wirtschaft, so auch die öffentliche Elektrizitätsversorgung vor gesteigerte Anforderungen und neue große Aufgaben gestellt, und zwar Aufgaben, die sowohl in der Gegenwart als auch in der Zukunft liegen. Unter ihnen nimmt naturgemäß gerade in der jetzigen Zeit der laufende Betrieb, die störungsfreie und uneingeschränkte Deckung des Energiebedarfs der kriegswichtigen Industrien, der Verkehrsbetriebe, der Landwirtschaft und nicht zuletzt des Haushalts, den ersten Platz ein. Daß die Elektrizitätswirtschaft in der Lage gewesen ist, nicht nur ihren bestehenden Verpflichtungen ohne nennenswerte oder auch nur spürbare Beschränkungen gerecht zu werden, sondern außerdem auch noch einer beträchtlichen Bedarfszunahme zu entsprechen, ist ein überzeugender Beweis für ihre technische Leistungsfähigkeit, ihre organisatorische Anpassungsfähigkeit und die Einsatzfreudigkeit ihrer Gefolgschaft.

Der Verbundbetrieb ist weiter ausgebaut worden einerseits in der Richtung des Austausches und der Verschiebung großer Energiemengen über weite Entfernungen, insbesondere für die Versorgung großer industrieller Werke, anderseits aber auch innerhalb kleinerer Bezirke, vor allem unter dem Gesichtspunkt, daß die Transportwege für den Brennstoff möglichst günstig ausgenutzt, d. h. wenig beansprucht, werden. Die hierbei in Erscheinung tretenden vielgestaltigen technischen Probleme sind ebenso gelöst worden wie auch die wirtschaftlichen Fragen der Abrechnung unter den Beteiligten usw. Insgesamt ist eine Ausnutzung der Kraftwerke und der Netze er-

reicht worden, die ohne eine intensive Zusammenarbeit, ohne die Einordnung aller Unternehmen, aber auch ohne den seit Jahren systematisch vorbereiteten Ausbau der Anlagen nicht möglich gewesen wäre. Auch die in der Verordnung zur Sicherstellung der Elektrizitätsversorgung vom 3. September 1939 gewählte Organisationsform, die in dem Reichslastverteiler sowie den Bezirks- und den Ortslastverteilern die Stellen schuf, die jederzeit im Bedarfsfall in die Erzeugung und die Abgabe regelnd eingreifen können, die sich jedoch im übrigen unter Beschränkung auf das Mindestmaß von Anordnungen auf die selbstverantwortliche Tätigkeit der Unternehmen stützt und die Entscheidungen tunlichst nahe bei den Trägern der Versorgungsaufgaben trifft, hat sich als durchaus zweckvoll erwiesen. Sie wird auch allen in Zukunft zu erwartenden Aufgaben der Sicherung der Elektrizitätsversorgung gewachsen sein.

Wenn auch das absolute Schwergewicht der Absatzzunahme in dem Gebiet der Sonderabnehmer (Großabnehmer), und zwar vornehmlich bei den industriellen Betrieben des Vierjahresplanes, gelegen hat, so ist doch auch das Anwachsen des Verbrauchs der nach allgemeinen Tarifen versorgten Abnehmer (Kleinabnehmer) recht beträchtlich und um so bemerkenswerter, als der Zugang an Verbrauchsgeräten hier wegen der Beschränkungen in der Herstellung im Vergleich zu den vorhergehenden Jahren nur unbedeutend war, und als gleichzeitig die Beibehaltung der Sommerzeit eine Verminderung des Lichtbedarfs zur Folge gehabt hat.

Man kann in dem Anstieg des Absatzes bei diesen Abnehmergruppen wohl in erster Linie eine Auswirkung der auf Grund der „Tarifordnung für elektrische Energie" eingeführten Grundpreistarife sehen. Die Umstellungsarbeiten sind trotz des Mangels an Arbeitskräften fortgesetzt worden, so daß zu Ende des Jahres 1940 dem weitaus größten Teil der an die Niederspannungsnetze der öffentlichen Elektrizitätsversorgung angeschlossenen Abnehmer die neuen Tarife zur Verfügung standen. Die in Anordnungen des Reichskommissars für die Preisbildung niedergelegten Termine für die Vorlage der Tarife brauchten von den meisten größeren Unternehmungen nur verhältnismäßig wenig überschritten zu werden, so daß beispielsweise von den 1031 Unternehmen mit mehr als je 300 000 kWh unmittelbarer nutzbarer Abgabe im Kalenderjahr 1936 über 900 die vordringlich behandelten Landwirtschaftstarife und über 700 auch schon die Haushalts- und die Gewerbetarife vorgelegt hatten. Auch für die restlichen Unternehmen dieser Gruppe waren zu diesem Zeitpunkt die Vorarbeiten so weit gefördert, daß die Vorlage in wenigen Monaten erfolgen kann. Die kleinen und kleinsten Unternehmen, die auch bestimmungsgemäß erst nach den größeren umstellen sollten, um ihre Tarife nach diesen ausrichten zu können, werden dann anschließend folgen. Man darf sich darüber klar sein, daß dieser Umbau der Tarife nicht nur nach seinem Arbeitsumfang unter den für solche Maßnahmen erschwerenden derzeitigen Umständen eine wirklich außerordentliche Leistung verkörpert, sondern auch durch die mit ihm verbundene Preissenkung einen wertvollen Beitrag zu den preispolitischen Bestrebungen der Staatsführung darstellt. Im großen Durchschnitt der Unternehmen und aller erfaßten Abnehmergruppen (Haushalt, Gewerbe, Landwirtschaft) hat sich eine Ermäßigung um rd. 10 %, bezogen auf die tatsächlichen Einnahmen von diesen Verbrauchern vor der Tarifumstellung, ergeben, die also den Abnehmern bei den derzeitigen Abnahmeverhältnissen in voller Höhe zugute kommt.

Außerdem liegt aber in den neuen Tarifen mit ihren niedrigen Arbeitspreisen eine sehr beachtliche Vorleistung der Elektrizitätsversorgung, da sie den billigen Mehrverbrauch ermöglichen, für den praktisch nur noch die Arbeitspreise zu bezahlen sind. Die bereits unmittelbar nach dem Inkrafttreten der Grundpreistarife zu beobachtende Steigerung der Abnahme bei den in Betracht kommenden Abnehmergruppen läßt erkennen, daß sie gute verbrauchsfördernde Eigenschaften haben, daß auch ohne nennenswerten Einsatz zusätzlicher Geräte erhebliche Bedarfsreserven durch längere und intensivere Ausnutzung der vorhandenen Verbrauchseinrichtungen zu befriedigen sind und daß endlich für die künftige Entwicklung, wenn Geräte wieder in ausreichendem Umfang zur Verfügung gestellt werden können, mit einem außerordentlichen Ansteigen der Elektrizitätsanwendung zu rechnen ist.

Die verfügbaren Werkstoffe und Arbeitskräfte mußten, was die Entwicklung der einzelnen Anwendungsgebiete anbetrifft, im abgelaufenen Jahr naturgemäß für einzelne besonders dringliche Aufgaben angesetzt werden. So ist z. B. die Landwirtschaft unter Führung der Versorgungsunternehmen in einer eigenen Aktion bevorzugt mit Elektromotoren ausgerüstet worden. Hierdurch wurden nicht nur ansehnliche Treibstoffmengen eingespart — dienten doch von den im Jahre 1940 vermittelten 49 000 Elektromotoren etwa 12 000 zum Ersatz von Verbrennungsmotoren —, sondern auch rd. 10 000 neue Kraftanschlüsse erstellt und dadurch insgesamt zahlreiche landwirtschaftliche Betriebe in ihrer Leistungsfähigkeit gesteigert. Weiter sei die elektrische Raumheizung erwähnt, die hauptsächlich durch die Beheizung der Luftschutzräume, aber auch allgemein, an Interesse und an Ausbreitung gewonnen hat und für die auch sparstoffarme Gerätebauarten entwickelt und auf den Markt gebracht werden konnten. Ein anderes Gebiet, das — teils gefördert von dem Treibstoffproblem — einen lebhaften Aufschwung genommen hat, ist der Oberleitungsomnibus[1]). Fortschritte sind ferner bei den industriellen Anwendungen der Elektrowärme zu verzeichnen, von denen Brennöfen in der keramischen Industrie, Schmelzöfen für Stahl- und Grauguß sowie Leichtmetalle, Holztrocknungsanlagen und der Einsatz der Elektrizität in der Getreidelagerung im Vordergrund standen.

Gerade die verschiedenen Anwendungen der elektrischen Energie stellen der Elektrizitätsversorgung heute Aufgaben, die sich erst in der künftigen Entwicklung voll auswirken werden. So wird beispielsweise jetzt auf Grund der Betriebserfahrungen die Normung und Typung einer Reihe von Geräten, wie Herden und Heißwasserspeichern, gefördert, werden die Fragen der zweckmäßigsten Anlage der Versorgung und Geräteausstattung bei geschlossenen Siedlungen und Wohnungsbauten untersucht, wird die Durchführung des Restausbaues der ländlichen Stromversorgung vorbereitet und werden zahlreiche andere Arbeiten abgewickelt mit dem Ziel, alsbald an ihre Verwirklichung herantreten zu können, wenn die Voraussetzungen hierfür gegeben sein werden. Auch in den eigenen Anlagen der Versorgungsunternehmen, in Kraftwerken und Leitungsnetzen, macht die bereits eingetretene und die mit Sicherheit noch zu erwartende Bedarfssteigerung umfangreiche Erweiterungen und Neubauten notwendig. Es entspricht dem Wesen einer wirklichen Verbundwirtschaft, daß jetzt schon vorausschauend die Planungen in Zusammenarbeit aller Beteiligten aufgestellt und aufeinander abgestimmt werden. Größere Bauvorhaben sind bereits in Angriff genommen, schon in Ausführung begriffene Bauten fortgeführt worden. Bekannt sind in erster Linie die Wasserkraftprojekte, die eine bedeutsame Ausweitung der Rohenergiegrundlage der öffentlichen Elektrizitätsversorgung darstellen werden, und die durch den weiteren Ausbau des Höchst- und Hochspannungsnetzes ergänzt werden.

Die Bautätigkeit, vor allem auch die für die nächste Zukunft in Aussicht genommenen Planungen, haben zahlreiche Versorgungsunternehmen veranlaßt, sich vorsorglich neue Geldmittel zu beschaffen. Einzelne haben Kapitalerhöhungen vorgenommen, so z. B. die Aktiengesellschaft Sächsische Werke (von 120 auf 150 Mill RM), die Österreichische Kraftwerke AG. (von 30 auf 40 Mill RM),

[1]) Siehe S. 691 dieses Heftes (Oberleitungsomnibus).

die Gauwerke Niederdonau AG. (von 8 auf 20 Mill RM) und die Hamburgische Electricitäts-Werke AG. (von 89 auf 100 Mill RM), welcher letzte Betrag zur Übernahme von Anlagen und Beteiligungen im Zuge der Zusammenfassung auf Grund des Groß-Hamburg-Gesetzes verwandt worden ist. Eine größere Anzahl von Unternehmen hat auch Anleihen begeben, als deren wichtigste die Aktiengesellschaft Sächsische Werke mit 50 Mill RM, die Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG. mit 30 Mill RM, die Vorarlberger Illwerke AG. mit 25 Mill RM, die Hamburgische Electricitäts-Werke AG. mit 20 und 5 Mill RM, die Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG. (als weiteren Teilbetrag einer 50 Mill RM-Anleihe), die Großkraftwerk Mannheim AG. und die Energieversorgung Schwaben AG. mit je 10 Mill RM sowie die Lech-Elektrizitätswerke AG. (als ersten Teil einer 10 Mill RM-Anleihe) und die Braunkohlen-Industrie AG. Zukunft mit je 5 Mill RM, fast durchweg mit 4½ % verzinslich, erwähnt seien. Es ist angesichts der umfangreichen Projekte zu erwarten, daß auch in nächster Zeit die öffentliche Elektrizitätsversorgung noch beträchtliche Kapitalien aufnehmen wird.

Im strukturellen Aufbau der Elektrizitätsversorgung sind Änderungen größeren Umfangs in Auswirkung des Krieges nicht eingetreten. Von den ganz wenigen Neugründungen verdient vor allem die Elektrizitätswerke Wartheland AG. (Aktienkapital 1 Mill RM) mit dem Sitz in Posen, deren Gründer der Reichsgau Wartheland, die Stadt Kalisch sowie die Kreise Mogilno, Konin und Samter sind, genannt zu werden und die Westtiroler Kraftwerke AG. in Innsbruck. Diese wurde mit einem Aktienkapital von 50 Mill RM von dem Reichsgau Tirol-Vorarlberg, der Alpen-Elektrowerke AG. und der Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG. mit der Aufgabe ins Leben gerufen, die Großwasserkraftplanungen der beiden letztgenannten Gründerunternehmen am Inn sowie die zu deren Erschließung erforderlichen Leitungen auszubauen und später zu betreiben. In Württemberg wurde die durch die 1939 erfolgte Gründung der Energieversorgung Schwaben AG. eingeleitete Zusammenfassung größerer Gebiete dadurch fortgesetzt, daß diese die maßgebende Mehrheit bei der Überlandwerk Jagstkreis AG., Ellwangen, übernahm. Im übrigen handelt es sich bei den 737 Unternehmen, die im Jahre 1940 aus dem Mitgliederstand der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung wegen Einstellung der Versorgungstätigkeit ausgeschieden sind, zumeist um kleinere, unselbständige Verteiler, deren Anlagen von dem jeweils übergeordneten Unternehmen zwecks unmittelbarer Versorgung der Abnehmer erworben wurden. Hierin liegt also eine Fortsetzung, in gewissem Maß sogar eine Verstärkung, der schon in den letzten Jahren mehr und mehr in Erscheinung getretenen Entwicklung zu einer strukturellen Zusammenfassung der Verteilung durch Ausschaltung zunächst der kleinsten reinen Verteiler ohne eigene Erzeugung. Trotzdem hat sich insgesamt die Zahl der in Großdeutschland tätigen Elektrizitätsversorgungsunternehmen infolge eines Zuganges von 863 neuen Mitgliedern bei der Wirtschaftsgruppe nicht verringert, was einesteils durch die Eingliederung weiterer Unternehmen in den Ostgebieten sowie im Gebiet von Eupen, Malmedy und Moresnet, andernteils aber auch dadurch bedingt war, daß im Altreich bisher nicht erfaßte Unternehmen noch beigeschlossen wurden. Insgesamt bietet der Aufbau also im wesentlichen unverändert das Bild einer sehr großen Anzahl von Unternehmen (etwa 13 000 mit mehr als je 5000 kWh nutzbarer Jahresabgabe), von denen aber nahezu die Hälfte (mit weniger als 25 000 kWh nutzbarer Jahresabgabe) im Gesamtrahmen keine Bedeutung hat, und stellt für die Zukunft die Aufgabe, im Interesse der bestmöglichen Versorgung der Abnehmer eine Zusammenfassung zu betreiben.

Elektrische Maschinen

DK 621.313+621.333

Im Berichtsjahr war die Entwicklung des Elektromaschinenbaus bevorzugt gerichtet auf mengenmäßige Höchstleistungen[1]) und Werkstoffumstellungen[2]) [3]), wobei die Anforderungen des Krieges und Rüstungsaufträge lenkend und beschleunigend wirkten[4]). Außerdem wurden noch wertvolle Forschungsergebnisse und Spitzenleistungen erarbeitet.

T u r b o s t r o m e r z e u g e r. Die Arbeiten des letzten Jahres beziehen sich auf die Untersuchung von Sonderproblemen, wie Schwingungen des Ständers und des Läufers[5]), kritische Drehzahlen, mechanische Spannungen im Läufer, Schmierung, Kühlung[6]) [7]) und Nutenharmonische[8]). Über Wasserstoffkühlung teilen amerikanische Fachleute praktische Erfahrungen mit[9]) [10]) [11]) [12]) [13]), ebenso über Hochspannungsmaschinen (36 kV)[14]). Eine Maschine von 100 MVA bei 3600 U/min wird für ausführbar gehalten[10])[11]). In Europa ist man abwartend[15]).

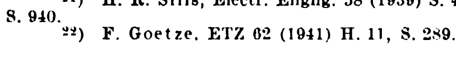
W a s s e r k r a f t s t r o m e r z e u g e r. Der Bau der im vorletzten Bericht[16]) erwähnten 100 MVA-Generatoren für die Yalu-Kraftwerke in Mandschukuo[17])[18]) ist nun so weit fortgeschritten, daß mit den Werksprüfungen bereits begonnen werden kann. — Nach russischen Veröffentlichungen[19]) sind für die Wolga-Kraftwerke in Kujbyschew 200 MVA-Generatoren geplant. Die Drehzahl ist 83,3 U/min. Der Entwurf sieht folgende Hauptmaße vor: Läuferdurchmesser 13 m, Eisenpaketlänge 3 m. Die Belastung des Traglagers beträgt 4500 t. Gerade auf die Traglager solcher senkrechter Großgeneratoren wurde besondere konstruktive Arbeit verwendet[20]). Aus der amerikanischen Praxis wird über weitere Probleme berichtet[21]), wie Beherrschung der Fliehkräfte, verschiedene Schwingungen, Wärmeausdehnung, Bremsen und Kühlung. In Deutschland gebaute 70 MVA-Generatoren für Mandschukuo (Sungari-Werk) werden ausführlich beschrieben[22]).

M o t o r e n. Die chemische Industrie verlangte für explosionsgefährdete Betriebe und für Aufstellung im Freien geschlossene Motoren mit Röhrenkühlung und Außenlüfter, die bis zu Leistungen von 1050 kW bei 1500 U/min bei vollständig geschweißter Bauart geliefert wurden.

Die stark angewachsene Verwendung von 2-poligen Induktionsmotoren regte zu Verbesserungen an, und zwar Steigerung des Wirkungsgrades und der Betriebssicherheit und Verminderung der Luftgeräusche. Erreicht wurde

1) ETZ 62 (1941) H. 16, S. 397.
2) ETZ 61 (1940) H. 49 „Werkstoffsonderheft", bes. S. 1085 bis 1099.
3) Wiss. Veröff. Siemens-Werk. Werkstoffsonderheft 1940.
4) W. Rödiger, ETZ 62 (1941) H. 12. S. 319.
5) C. M. Laffoon u. B. A. Rose, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 30. — ETZ 61 (1940) S. 901.
6) S. H. Mortensen u. J. J. Ryan, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 51. — ETZ 61 (1940) S. 917.
7) G. Nimsch, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 59 (1941) S. 94.
8) F. Moldenhauer, Jb. AEG-Forschg. 7 (1940) S. 163. — K. Künzl, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 497.
9) D. S. Snell, Power (1940) S. 75. — Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 436.
10) D. S. Snell, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 35. — ETZ 61 (1940) S. 809.
11) M. D. Ross u. C. C. Sterrett, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 11. — ETZ 61 (1940) S. 809.
12) S. H. Mortensen u. S. Beckwith, Electr. Wld., N. Y. 112 (1939) S. 1016. — ETZ 61 (1940) S. 700 mit reichem Schrifttum.
13) D. Brownlie, Engng. Boiler House Rev. 52 (1939) S. 416 u. 478. — Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 228.
14) W. D. Horsley, J. Instn. electr. Engrs. 86 (1940) S. 345. — ETZ 62 (1941) H. 12, S. 315.
15) E. G. Komar, Elektritschestwo 60 (1939) H. 10/11, S. 7. — ETZ 61 (1940) S. 835.

16) ETZ 60 (1939) S. 648.
17) Siemens-Z. 21 (1941) S. 48.
18) H. Winkelsträter, Z. VDI 85 (1941) S. 523.
19) A. S. Jeremejew u. W. P. Fedorow, Westnik Elektropromischlennosti 11 (1940) S. 23. — J. Grusow u. A. Dementjew, Westnik Elektropromischlennosti 11 (1940) S. 19. — ETZ 61 (1940) S. 876.
20) H. Oschanitzky, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 518.
21) H. R. Sills, Electr. Engng. 58 (1939) S. 469. — ETZ 61 (1940) S. 940.
22) F. Goetze, ETZ 62 (1941) H. 11, S. 289.



dies durch neue konstruktive Durchbildung der Belüftung[23]).

Drehstrom-Nebenschluß-Kollektormotoren dringen an Stelle von Gleichstrommotoren weiter vor[24]), z. B. in der Papierindustrie[25]) und auch bei Zuckerzentrifugen[26]).

Die Typenleistung von 50 Hz-Einphasen-Kollektormotoren für Lokomotiven läßt sich erhöhen durch Anwendung von Schicht- bzw. Feinschichtkohlen zur Verbesserung der Kommutierung. Bei den Schichtkohlen wird die zwischen den Teilbürsten auftretende Funkenspannung kompensiert durch eine Gegenspannung, die in einer Hilfswicklung induziert wird[27]).

Ebenfalls für elektrische Bahnen wurden größere Metadyne-Ausrüstungen ausgeführt[28]).

Gleichstrommaschinen. Zum Antrieb einer Panzerplattenstraße wird ein Doppelanker-Umkehrwalzmotor für 650 tm Höchstdrehmoment bei ± 30 U/min entsprechend 20 000 kW Höchstleistung (2000 V) gebaut. Die Außenmaße dieses Satzes betragen 5,8 m Dmr. und 13 m Länge. Das Gesamtgewicht ist 400 t (hierzu vergl. „größter Einanker-Walzmotor" im vorletzten Bericht[29]). Erfahrungen bei der Untersuchung der Kommutierung von Gleichstrom-Hochleistungsmaschinen werden mitgeteilt[30]).

Sondermaschinen. Die Anwendung von Dauermagneten in kleinen elektrischen Maschinen wurde weiter untersucht bezüglich Ankerrückwirkung[31]), Spannungsstabilisierung mit Kondensatoren[32]) und entmagnetisierender Wirkung des Stoßkurzschlusses[33]).

Als Niederspannungs-Hochstrommaschine für Elektrolyse-Anlagen tritt die Unipolarmaschine[34]) (6 bis 40 V, 6000 bis 50 000 A (bis 300 000! A)[35]) mit den üblichen Gleichstrommaschinen, Gleichrichtern und neuerdings dem Kontakt-Umformer[36]) in Wettbewerb. Letzterer zeichnet sich besonders durch hohen Wirkungsgrad und geringen Werkstoffaufwand aus.

Für die Versorgung der elektrischen Bordnetze von Flugzeugen wurden in den USA entprechend den zwei bestehenden Systemen (Drehstrom mit 110 V, 400 Hz; 24 V Gleichspannung) Sondermaschinen in größeren Serien gebaut. Ein Drehstrommotor z. B. hat die Daten: 4,4 kW, 110 V, 22 500 U/min, Gewicht 7 kg; ein Gleichstrommotor z. B. 0,46 kW, 25 V, 7500 U/min, Gewicht 3 kg[37]).

Zur Werkstoffumstellung

Metalle: Aluminium tritt an die Stelle von Kupfer[38]) [39]) bei Käfigankern und bei durch Fliehkräfte hochbeanspruchten Wicklungen, ferner bei konzentrierten ruhenden Wicklungen, wie Wendepol-, Kompensations- und Kompoundwicklungen. — Die Bürstenarmaturen werden vereinfacht im Sinne einer Einsparung von Kupfer und Zinn. Im Austausch werden Eisen- und Preßstoffteile verwendet. (Zinklegierungen sind nicht genügend temperaturbeständig.) Preßplatten und Abstützungsbolzen besonders von Turbogeneratoren werden von Bronze auf unmagnetischen Stahl umgestellt. Ferner führt man Turboläufer und Kappen aus nickelarmen oder nickelfreien Stählen aus.

Isoliermaterialien: Klasse A. Baumwolle bei Drähten wird ersetzt durch Zellwolle oder Papier und besonders Lack (Formex-Draht)[40]). Bei Spulenumpressungen tritt ebenfalls Papier an die Stelle von Glimmer. Klasse B: Die Fertigung wird von Asbestdraht auf Glasdraht und Glasgewebeumpressung[41]) (vorläufig nur für Spannungen unter 2000 V) und von Seidenglimmer auf Kunststoffolie (Triazetat, Cellit, nur bis höchstens 120 °) umgestellt. Emaillelackdraht bewährt sich gut[42]).

[23]) K. Bobek, AEG-Mitt. (1940) S. 279.
[24]) K. Rupprecht, AEG-Mitt. (1940) S. 139.
[25]) K. Rupprecht, AEG-Mitt. (1940) S. 146.
[26]) F. Brabec, Skoda-Mitt. 1 (1939) S. 99. — ETZ 61 (1940) S. 700.
[27]) K. Tardel, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) S. 627. — Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 207. — K. Tardel, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) S. 531, ETZ 61 (1940) S. 940.
[28]) G. H. Fletcher u. A. Tustin, J. Instn. electr. Engrs. 85 (1939) S. 370 u. 86 (1940) S. 379. ETZ 62 (1941) H. 13, S. 333. — C. Benco, Elettrotecnica 27 (1940) S. 159. — ETZ 61 (1940) S. 1070.
[29]) ETZ 60 (1939) S. 648.
[30]) Fr. Furtak u. V. Kulda, Skoda-Mitt. 2 (1940) S. 65 u. 97. — Elektrotechn. u. Masch.-Bau 59 (1941) S. 157.
[31]) K. Pohlmann, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) S. 363. — ETZ 61 (1940) S. 744.
[32]) S. W. Kraus, B. D. Sadowski u. T. G. Soroker, Westnik Elektropromischlennosti 11 (1940) S. 6. — ETZ 61 (1940) S. 1038.
[33]) Cl. Schenfer, Acad. Sc. UdSSR 7 (1939) Nr. 10, S. 9. — ETZ 61 (1940) S. 979.
[34]) M. Zorn, ETZ 61 (1940) S. 358.
[35]) B. W. Kostin, Elektritschestwo (1939) H. 2, S. 33. — Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 86.
[36]) Fl. Koppelmann, ETZ 62 (1941) H. 1, S. 3.
[37]) W. J. Clardy, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 385. — Elektrotechn. u. Masch.-Bau 59 (1941) S 106.
[38]) E. Vanzi, Elettrotecnica 27 (1940) S. 206. — ETZ 62 (1941) H. 3, S. 55.
[39]) T. Pausert, Rev. gén. Électr. 47 (1940) S. 301. — ETZ 62 (1941) H. 8, S. 184.
[40]) W. Patnode, E. J. Flynn u. J. A. Weh, Electr. Engng. 58 (1939) S. 379 mit zahlreichen weiteren Schrifttumsangaben. — Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 537.
[41]) A. Gemant u. F. A. Glassow, Electr. Engng. 58 (1939) S. 341. — Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 390.
[42]) ETZ 62 (1941) H. 13, S. 339.

Transformatoren

DK 621.314.2

Wie im Vorjahr, so war auch im vergangenen Jahr das Interesse weniger Neukonstruktionen als der Steigerung der Erzeugung zugewandt. Der ernstliche Wille, hierbei letzte Möglichkeiten auszuschöpfen, drückt sich aus in der nunmehr im endgültigen Entwurf vorliegenden Normung der Transformatoren für Leistungen von 5 bis 10 000 kVA und Betriebsspannungen von 6 bis 120 kV[1]). Durch diese Normung werden alle wesentlichen technischen Größen, wie Leistungsstufen, Spannungsreihen, Kurzschlußspannungen, Eisen- und Kupferverluste, Sättigung, Schaltung und die wichtigsten konstruktiven Einzelheiten erfaßt. So sind die Transformatoren bis 1600 kVA und 20 kV auch bezüglich ihrer Rollen, Rollenabstände, Ölablässe, Ölstände, Tauchhülsen sowie in bezug auf Durchführungen und Abmessungen genormt[2]). Darüber hinaus bleibt die Ausführung den einzelnen Firmen überlassen, so daß für die Entwicklungsmöglichkeit auf Grund eigener Erfahrungen ein breiter Raum offen bleibt. An der Ausarbeitung der Normen haben fast alle deutschen Transformatorenfirmen teilgenommen. Es ist somit die Gewähr dafür gegeben, daß die Summe der Erfahrungen nutzbar gemacht wurde. Mit ihrer Einführung wird endlich nicht nur eine Erleichterung in der Herstellung, sondern auch eine grundlegende Vereinfachung in der Ersatzbeschaffung und in der gesamten Betriebsführung erzielt sein. Es wäre daher dringend zu wünschen, daß man die Normung nicht auf Größen bis 10 000 kVA beschränkt, sondern sich über alle Großtransformatoren erstrecken läßt. Den Auftakt dazu bildeten bekanntlich die Wandertransformatoren[3]), deren Normung sich in der Praxis bereits glänzend bewährt hat. Die Umstellung auf die genormten Formen wird in den meisten Fällen reibungslos vor sich gehen können. Wenn hinsichtlich des Parallelbetriebes mit den bestehenden Formen hier und da noch Bedenken bestehen, weil die Normen für die Leistungen über 1600 kVA kleinere Kurzschlußspannungen als 6 % nicht vorsehen, so darf dabei nicht vergessen werden, daß durch die Heraufsetzung der Kurzschlußspannung der Sicherheitsgrad der Anlagen, deren Kurzschlußleistungen ständig wachsen, bedeutend erhöht wurde. Die Vorschaltung von Drosselspulen vor den be-

[1]) DIN 42600, 42601, 42603 bis 42606.
[2]) DIN 42602, 42615, 42616, E 42623 und 42624 (teils Neubearbeitungen, teils neue Entwürfe, teils Einheitsblätter).
[3]) W. Köchling, Wander- und Fahrzeugumspanner, Z. VDI 84 (1940) S. 492.

stehenden Teil oder eine Aufteilung in Betriebsgruppen dürfte auch in diesen Einzelfällen zum Ziel führen. Für die Meßwandler ist ebenfalls die Aufstellung einer Normung geplant. Die Arbeiten dazu sind bereits in vollem Gange. Vorbereitende Aufsätze finden sich in der Fachliteratur[4]).

Aus der Reihe der eingegangenen Bestellungen sind die an die verschiedenen Firmen verteilten Auslandsaufträge auf Großtransformatoren bemerkenswert, da sie erstmalig den deutschen Transformatorenbau vor die Aufgabe stellen, bei der Abnahme die Stoßspannungsprüfung am fertigen Transformator vorzuführen. Die Regeln VDE 0532/VI. 40 sehen eine Stoßspannungsprüfung nicht vor. Die Zahl der Transformatorenschäden durch Überspannungen im Betrieb läßt ihre Einführung nicht notwendig erscheinen, um so weniger, als keine Sicherheit dafür gegeben ist, daß sie den wirklichen Beanspruchungen im Betrieb entspricht. Anderseits bestehen immer noch gewisse Schwierigkeiten bei der Feststellung der erfolgreich bestandenen Prüfung.

Bei den bisher vom Ausland verlangten Stoßspannungsprüfungen am fertigen Transformator ist daher auch stets eine Auswechselung der gestoßenen Spulen gegen neue der Stoßspannungsprüfung nicht zu unterziehende Spulen vorgesehen.

[4]) H. Gugel, Meßwandler für Hochspannungs-Schaltanlagen, ETZ 62 (1941) S. 241.

Stromrichter

DK 621.314.27+.57/.58+.62+.65

Obgleich durch die vordringlichen Produktionsaufgaben des Krieges allgemein eine Beschränkung der Entwicklung zugunsten der Fabrikation geboten ist, war auch im letzten Jahre eine lebhafte Weiterbildung der Stromrichter zu verzeichnen. Die verschiedenen Bestrebungen lassen sich kurz folgendermaßen zusammenfassen: Übergang zum pumpenlosen Betrieb; Ersatz der Wasser- durch Luftkühlung bei kleineren und mittleren Einheiten, Verringerung der Verluste und Vereinfachung der Konstruktion, Schaffung von einanodigen Gefäßen mit Dauer- und Zünderregung, Kontaktumformer für niedrige Spannungen, Verringerung der Verluste und Vereinfachung der Konstruktion.

Mit dem Übergang zum pumpenlosen Betrieb empfiehlt sich bekanntlich wegen der Schwierigkeit der Wasserstoffionendiffusion der Übergang zur **Luftkühlung**, deren Überlegenheit gegenüber der Wasserkühlung für kleine und mittlere Anlagen unbestritten ist. In konstruktiver Hinsicht sind hier keine besonderen Probleme zu lösen, da nach dem Übergang zu den temperaturbeständigen Dichtungen der abgeschmolzenen Gefäße die betrieblich günstigsten Temperaturen gewählt werden können. Es sind auch erfolgreiche Ansätze gemacht worden, die Luftkühlung für größere Einheiten zu verwenden. Diese Arbeiten decken sich zum Teil mit den Bestrebungen, die Verluste der Gefäße zu verringern, womit natürlich eine Erleichterung der Kühlprobleme verbunden ist.

Mehranodige luftgekühlte Gefäße für Stromstärken bis 1000 A bei Spannungen bis rd. 1000 V wurden in die Praxis mit bestem Erfolg eingeführt. Es ist gelungen, pumpenlose Quecksilberdampf-Stromrichtergefäße größerer Leistung unter Zuhilfenahme der Wasserkühlung zu schaffen. Die Voraussetzung hierbei war die Vermeidung der Wasserstoffdiffusion in das Gefäßinnere durch die vom Kühlwasser benetzten Eisenflächen. Nachdem es gelungen ist, diese Wasserdiffusion zu verhindern, wurde der Weg grundsätzlich frei, Gefäße jeder Leistung pumpenlos zu betreiben. Es entstanden pumpenlose Quecksilberdampf-Stromrichter, die als geschlossene Einheit mit Verbundkühlung bis zu 2500 A, 1000 V betrieben werden. Die Grundlage hierfür bot nicht zuletzt die Tatsache, daß es mit Großflächeneinschmelzungen gelungen ist, selbst die Stromeinführungen der größten Stromrichter vakuumdicht zu gestalten.

Auf die Arbeiten zur Senkung des Lichtbogenabfalls ist schon in den letzten Jahresberichten hingewiesen worden. Hierbei werden zwei verschiedene Wege verfolgt. Die eine Entwicklungsrichtung sucht die bisherigen Mehranodentypen zu verbessern, deren Grundform bekanntlich seit mehreren Jahrzehnten keinen grundlegenden Änderungen unterworfen war. Die zu Beginn der Entwicklung gefundene Form erwies sich als sehr glücklich und gestattete, alle bislang gestellten Aufgaben zuverlässig zu lösen. Da die Einführung des Gleichrichters in die verschiedenen Anwendungsgebiete die vordringlichere Aufgabe war, wurden indes noch nicht alle Möglichkeiten zur Verlustsenkung, Vereinfachung und Gewichtsverminderung ausgeschöpft. Es ist jedoch nach den bislang vorliegenden Versuchsergebnissen sicher, daß in dieser Hinsicht bei den mehranodigen Gefäßen noch bedeutende Fortschritte möglich sind.

Die zweite Entwicklungsrichtung verfolgt die Ausbildung von einanodigen Gefäßen. Mit diesen Gefäßen lassen sich Großstromrichter jeder Leistung in einer Art Einheitsbauweise unter weitgehender Beschränkung der Typenzahl für jede beliebige Leistung bauen, und man erreicht neben einer Verbesserung des Lichtbogenabfalls bequemere Aufstellungsmöglichkeiten und eine willkommene Ausweitung in der Freiheit der Schaltungen; u. a. würde sie die Anwendung der Brückenschaltung mit ihren mancherlei Vorzügen auch für große Leistungen gestatten.

Diese Entwicklung wird außerdem gefördert durch die neuerlichen Bestrebungen, die bisherigen Gefäße mit ständig erregter Kathode durch solche mit Zünderregung zu ersetzen und sie gleichzeitig zur Steuerung zu benutzen, wie es **Marx** in seiner bekannten Lichtbogenkammer verwirklicht hat. Besonders zu erwähnen ist das Zündstiftgefäß. Hierbei wird zur Zündung und Steuerung ein Halbleiterftift benutzt, der einige mm in die Hg-Oberfläche der Kathode eintaucht und bei Erteilung eines Stromimpulses durch Oberflächenwirkung zwischen Stift und Quecksilber die Kathode erregt. Diese kurz als „Zündstift-Gefäß" bezeichnete Ausführung wird in Amerika bereits in größerem Ausmaß und bis zu großen Stromstärken verwandt, allerdings in erster Linie für Zwecke, bei denen in bezug auf die Genauigkeit der Steuerung keine besonders hohen Ansprüche gestellt werden. Offenbar ist mit dieser Gefäßart noch nicht die gleiche Zuverlässigkeit des Zündeinsatzes zu erreichen wie bei der Gittersteuerung. Eine weitere Frage bildet die Haltbarkeit der Zündstifte im Dauerbetrieb. Da Gefäße für große Stromstärken in den V. S. Amerika durchweg noch mit Pumpen ausgeführt werden, ist anzunehmen, daß dort die Lebensdauer der Stifte noch nicht befriedigt und daher auf ihre leichte Ersetzbarkeit Wert gelegt wird.

Bei Spannungen über 400 V hat der Quecksilberdampf-Stromrichter weitgehend seine übrigen Mitbewerber, insbesondere die Maschinenumformer, verdrängt. Er fand sogar unterhalb dieses Spannungsbereiches dort Verwendung, wo seine betriebstechnischen Vorteile ausschlaggebend waren. Immerhin war es ihm nicht möglich, in dem unteren Spannungsbereich die Maschinenumformer in gleichem Umfang zu verdrängen, da infolge der Lichtbogenverluste sein Wirkungsgrad nicht einen entscheidenden Vorteil den Maschinenumformern gegenüber bot.

Durch die Schaffung des Kontaktumformers, der die dargebotenen Transformatorspannungen ähnlich wie der Quecksilberdampf-Stromrichter absatzweise und der

Reihe nach benutzt und wie dieser geringen Platz bedarf und niedrige Transportgewichte hat, jedoch seinen Lichtbogenabfall weitgehender vermeidet, ist in diesem Spannungsbereich eine völlig neue Lage entstanden. Der Kontaktumformer besitzt schon bei mittleren Leistungen einen Gesamtwirkungsgrad von 97 % und erscheint berufen, das Gebiet der unteren Spannungen bis etwa 400 V weitgehend zu beherrschen. Seine Betriebssicherheit wurde durch eine Anzahl seit längerer Zeit in Betrieb befindlicher Anlagen nachgewiesen.

Das Hauptanwendungsgebiet der Stromrichter lag auch im Berichtsjahr bei der Stromversorgung von Großelektrolysen, Regelantrieben, Bahnen und Sendern. Auf dem Gebiet der Regelantriebe ist die Inbetriebnahme einer Fördermaschine in der sogenannten Eingefäßschaltung bemerkenswert. Diese Anlage, die die erste ihrer Art und den schwierigsten Betriebsbedingungen unterworfen ist, bildete den Ausgangspunkt für ihre Verwendung auch in anderen Antrieben, z. B. bei Umkehrstraßen. So sind Umkehrstraßen bis zu einem Ausschaltmoment von 250 mt in Bau. Die Entwicklung der einanodigen Gefäße dürfte hierfür weiter anregend wirken.

Bedauerlicherweise weist die Verwendung von Umrichtern zur Umformung von 50 Hz Drehstrom in 16⅔ Hz Bahnstrom einen Stillstand auf, obwohl die bisher für diesen Zweck gelieferten Anlagen sich zum Teil in jahrelangem Regelbetrieb zur vollen Zufriedenheit bewährt haben. Offenbar wird hierin erst eine Änderung eintreten, wenn der Übergang der öffentlichen Stromversorgung in eine einheitliche Reichsverwaltung als gesichert gelten und die Reichsbahn ihre bis dahin abwartende Stellungnahme in der Anschlußfrage aufgeben kann. Inzwischen werden mit den vorhandenen Anlagen wertvolle Erfahrungen gesammelt. Die in früheren Berichten erwähnte elastische Umrichteranlage für 100 kV und 50 Hz auf 100 kV und 16⅔ Hz hat im Berichtsjahre mit ihrer vollen Leistung im Dauerbetrieb einwandfrei gearbeitet.

Auf dem Gebiet der Trockengleichrichter sind Anlagen mit Kupferoxydul-Gleichrichter bis zu Stromstärken von 150 000 A und 12 V entstanden. Die Einführung einer Ölumlaufkühlung für diese Hochstrom-Gleichrichter gestattete es, sie auch in chemischen Anlagen zu verwenden, bei denen die Atmosphäre eine allmähliche Zerstörung der Gleichrichter erwarten ließ. Die Ausgestaltung der Regelfähigkeit der Trockengleichrichter unter Zuhilfenahme gleichstromvormagnetisierter Drosselspulen verlieh ihnen eine Regelfähigkeit, die der der übrigen Stromrichteranlagen kaum nachsteht.

Schaltanlagen und Schalteinrichtungen

DK 621.316

Trotz äußerster Anspannung aller Schaltanlagenkonstrukteure zur fristgemäßen Durchführung der gestellten Bauvorhaben gelang es im Laufe der Bearbeitung dieser Aufgaben noch, Entwicklungsarbeit zu leisten. Diese ging in erster Linie in Richtung Vereinfachung und Werkstoffersparnis sowie nach Erhöhung der Betriebssicherheit.

Das Streben nach einer unbedingt sicheren Stromlieferung führte bei wichtigen Anlagen immer häufiger zu der Forderung nach Mehrfachsammelschienen bei gleichzeitiger Längenunterteilung an Stelle der bisher meist eingebauten Doppelsammelschienen. Hierfür wurden geeignete Bauformen entwickelt (z. B. Bild 1), die gleichzeitig auch die neuesten Gesichtspunkte berücksichtigen.

Industrieanschlüsse an Verbundnetze mit 100 kV Betriebsspannung, früher Einzelfälle, sind heute an der Tagesordnung. Bisher war es in Europa aus wirtschaftlichen Gründen üblich, 100 kV-Schaltanlagen als Freiluftanlagen auszuführen. Kriegswirtschaftliche Rücksichten haben sogar dazu geführt, im Interesse einer Werkstoffersparnis augenblicklich für höhere Spannungen den Bau von Innenraumanlagen auf diejenigen Fälle zu beschränken, in denen Freiluftanordnungen nicht oder nur mit betriebstechnischem Nachteil ausführbar sind. Solche Ausnahmen bilden Anlagen unter erschwerten klimatischen oder sonst schwierigen Verhältnissen, z. B. bei chemisch oder mechanisch sehr stark verunreinigter Luft.

Das Zunehmen von 100 kV-Verteileranlagen innerhalb der Industrie mit ihrem meist beengten Platz und den erwähnten, oft schwierigen Isolationsverhältnissen weist aber verstärkt zum Bau von Innenraumanlagen, Bild 2. Ebenso weisen luftschutztechnische Gesichtspunkte bei Anlagen in Stadtnähe nach derselben Richtung. Weiter bahnte sich diese Entwicklung in allerletzter Zeit auch in manchen Fällen für Anlagen der öffentlichen Stromversorgung an. Dazu kamen außerdem die eingangs erwähnten Forderungen nach Mehrfach-Sammelschienen.

Zum raschen Behelf in Störungsfällen an Geräten wurden von den Betrieben zum Teil auch noch Über-

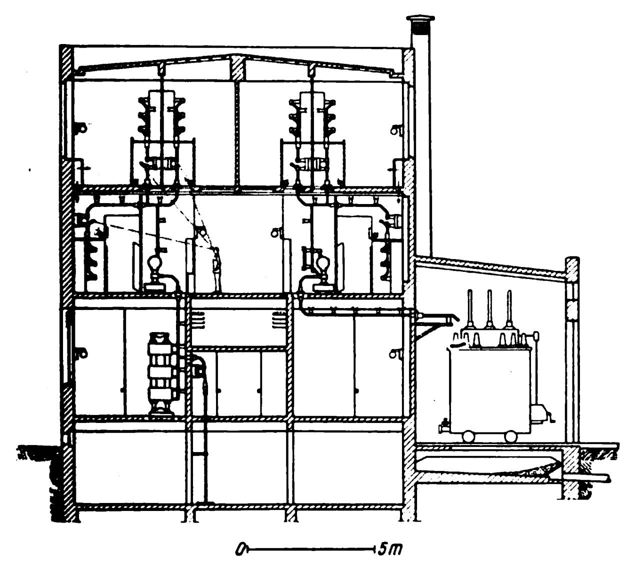


Bild 1. 10 kV-Schaltanlage mit 3 Sammelschienen, Qualmschottung und gemeinsamem Bedienungsgang für alle Schalter.

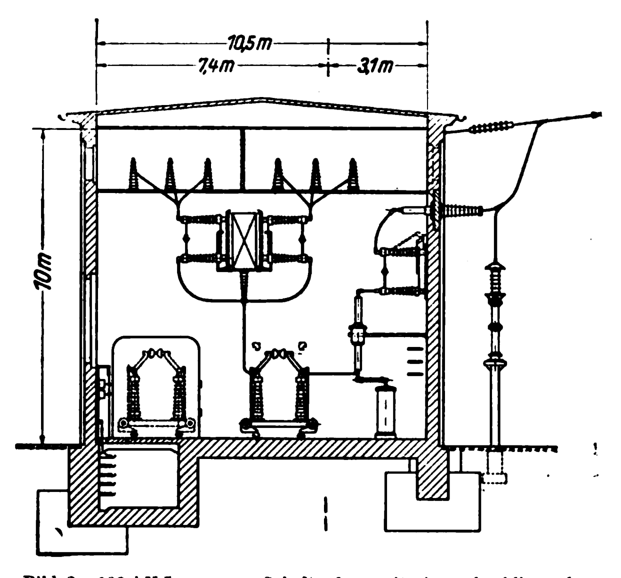
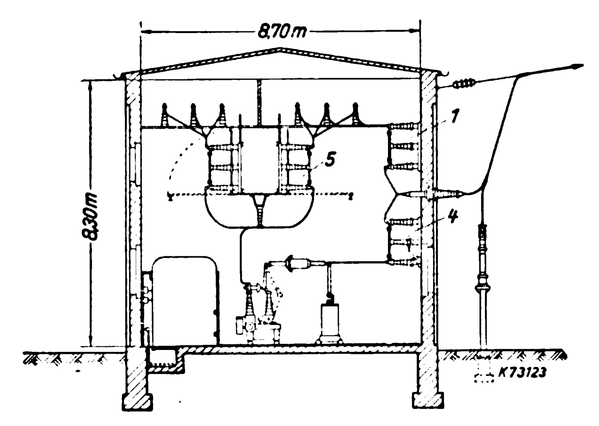


Bild 2. 100 kV-Innenraum-Schaltanlage mit einem hochliegenden, mittleren Kontrollgang, Trennschalter hängend.



1 Umgehungs-Trennschalter 4 normaler Freileitungs-Trennschalter
5 Sammelschienen-Trennschalter

Bild 3. 60 kV-Innenraum-Schaltanlage mit einem hochliegenden Kontrollgang und mit einem Umgehungs-Trennschalter.

Relais bei derartigen Freiluftanlagen im Zentrum derselben vielleicht in einer besonderen Relaiswarte unterzubringen. Man würde dadurch nicht nur beachtliche Mengen an Hilfskabeln sparen, sondern auch noch die Betriebssicherheit erhöhen und die Steuerwarte von Leitungen und Klemmen entlasten.

Diese heizbaren Relaiswarten können auf einfache Weise ständig auf Temperaturen über dem Gefrierpunkt gehalten werden, was bei den immer feiner gewordenen Relaiskonstruktionen erwünscht ist.

Aus dem gleichen Grunde sollten auch Innenraumanlagen durch zeitweise Heizung immer über dem Gefrierpunkt gehalten werden, worüber die Meinungen bisher oft recht verschieden waren. In Zeiten starker Witterungsumschläge mit Temperatur- und Feuchtigkeitsänderung der Luft werden Wasserniederschläge auf Isolatoren durch die Raumbeheizung vermieden. Durch Taubildung in nicht geheizten Anlagen kann, besonders wenn die Isolatoren stark verschmutzt sind, das Isoliervermögen

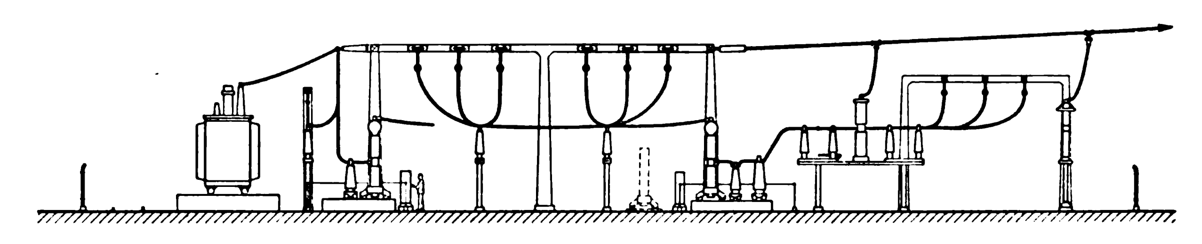


Bild 4. 100 kV-Schaltanlage mit Hilfssammelschiene.

brückungsmöglichkeiten für die Einzelgeräte (Bild 3) oder Hilfsschienen an den Ausgangsleitungen gewünscht (Bild 4).

Die Mehrzahl der Schaltanlagen über 30 kV dürfte vorerst noch in Freiluftausführung erstellt werden. Hierfür stehen für die verschiedenen Aufgabenstellungen die bewährten und bekannten Bauformen zur Verfügung.

Bezüglich der Unterbringung der Schutzrelais dürften sich künftig bei Freiluftanlagen neue Überlegungen empfehlen. Die bewährte Anordnung der Relais in unmittelbarer Nähe der Stromwandler wie bei Innenraumanlagen ist bei Freiluftanlagen nicht einfach. Der Einbau der Relais in besondere Schränke direkt beim Schalter bzw. Wandler läßt sich aus Temperaturgründen selten durchführen. Die Zusammenfassung der Relais im Wartengebäude in der Nähe der Steuertafel oder auf dieser ergibt bei den großflächigen Bauweisen neuzeitlicher Freiluftanlagen meist große Entfernungen von den Wandlern bis zu den Relais. Es ist zu erwägen, künftig die

derselben beträchtlich herabsinken. Bei nicht geheizten Innenraumanlagen muß deshalb sehr sorgfältig und sachgemäß gelüftet werden, und man ist dabei auf die Sorgfalt des Bedienungspersonals angewiesen.

Hochspannungsschaltanlagen bis 30 kV einschließlich enthalten z. Z. den größten Arbeitsanteil für unsere Schaltanlagenkonstrukteure. Nachdem im Laufe der letzten Jahre zwischen den Betriebsleuten und den Konstrukteuren derartiger Anlagen eine weitgehende Übereinstimmung über die zweckmäßigste Bauform erreicht wurde, konnte im Berichtsjahr durch vermehrte Anwendung der in den Vorjahren geschaffenen Einheits- und Regelbauweisen sowohl bei der Projektierung als auch bei der Ausführung eine beträchtliche Arbeitsersparnis an Konstruktionsarbeit erzielt werden. Daß gerade diese Bauweisen auch im Auslande Anerkennung finden, beweist die beachtliche Zahl von Schaltanlagenaufträgen, welche das Ausland im vergangenen Berichtsjahr trotz des Krieges deutschen Fachfirmen erteilt hat.

Schaltgeräte

DK 621.316.5

Im letzten Jahr wurde an dieser Stelle auf die Bedeutung der öllosen Schalter hingewiesen, mit denen sich Deutschland gegenüber allen anderen Ländern einen bedeutenden Vorsprung im Schalterbau gesichert hat. Diesmal soll eine kurze Übersicht über eine andere Schalterbauform gegeben werden, die zwar Öl als Löschflüssigkeit beibehalten hat, bei der es jedoch dank neuer Löschverfahren gelungen ist, den Ölinhalt auf einen kleinen Bruchteil der beim „klassischen" Ölschalter erforderlichen Menge herabzusetzen. Durch die Verkleinerung der Ölmenge ist bei Verwendung der ölarmen Schalter die Gefahr von Ölbränden, durch die im Fall von Störungen nicht nur der betroffene Abzweig, sondern die ganze Schaltstation in Mitleidenschaft gezogen werden kann, weitgehend eingeschränkt. Die Bedeutung dieser Schalter geht am besten daraus hervor, daß von einem ihrer Vertreter, dem Druckausgleichschalter, inzwischen fast 10 000 Stück in Betrieb genommen wurden, die sich bereits bestens bewährt haben.

An Stelle der Expansion, die in Öl wie in Wasser eine Löschung des Lichtbogens herbeiführen kann, wird bei den ölarmen Schaltern auch eine gerichtete Strömung des Öles längs der Lichtbogenachse oder quer zum Lichtbogen verwendet. Man ist heute nicht mehr der Auffassung, daß sich ein isolierender Keil von Öl während der kurzen Zeit zwischen dem Stromnulldurchgang und der Wiederkehr der Spannung in die Schaltstrecke einschiebt und somit die Lichtbogenlöschung herbeiführt; dafür wäre eine viel zu große Geschwindigkeit des Öles erforderlich. Eine intensive Strömung hat vielmehr die Wirkung, daß der Lichtbogendurchmesser im Stromnulldurchgang möglichst klein wird. Dann kann während der Rückkehrzeit eine ausreichende Kühlung und Entionisierung der übrigbleibenden Gassäule erfolgen. Um den

Durchmesser klein zu machen, müssen schon vorher während der Lichtbogenbrennperiode die Zersetzungsprodukte, vor allem die vom Lichtbogen gebildeten heißen Gase, weggebracht werden; sie sind an solche Stellen zu leiten, wo sie nach dem Erlöschen des Lichtbogens keine Neuzündung durch die wiederkehrende Spannung ermöglichen. Sind die Zersetzungsprodukte aber entfernt, so kann die Flüssigkeitsoberfläche entsprechend näher an den Lichtbogenkern herangebracht werden, so daß sie ihrerseits durch stärkeres Wärmegefälle die Entionisierung des Lichtbogenkernes befördert.

Die gerichtete Strömung wird bei den meisten Löscheinrichtungen durch den Lichtbogen selbst erzeugt. Nur bei einigen ausländischen Konstruktionen wird sie auf mechanischem Wege hergestellt, erfordert hierfür aber außerordentlich schwere Antriebe mit großem Arbeitsvermögen. Demgegenüber ist die vom Lichtbogen erzeugte Strömung von der Stromstärke abhängig, wodurch eine selbsttätige Anpassung der Löschintensität an die Abschaltleistung möglich wird. In einigen Fällen benutzt man zur Erzeugung der Strömung einen besonderen Lichtbogen, den man als Hilfslichtbogen bezeichnen kann und der das zwischen ihm und dem Hauptlichtbogen liegende Öl in Bewegung setzt. Bei sehr kleinen Strömen wirken dann beide Lichtbögen in Reihe wie bei einem normalen Ölschalter. Mannigfach sind die Konstruktionen, die versuchen, die gleiche Aufgabe mit nur einem Lichtbogen zu lösen, da sich damit der Vorteil ergibt, mit nur einem Paar Schaltstücken auszukommen. Eine weit verbreitete Konstruktion ist die in den sogenannten Druckausgleichschalter eingebaute Kammer mit Differentialkolben. Hierbei wird ein Kolben mit verschieden großen Flächen dem vom Lichtbogen erzeugten Druck ausgesetzt; unter Einwirkung der Differenzkraft bewegt sich der Kolben und erzeugt eine Ölströmung, die eng am Lichtbogen vorbeigeführt wird und damit die oben gekennzeichnete Wirkung erzielt. Infolge der guten Wirksamkeit wird eine Neuzündung des Lichtbogens bereits bei verhältnismäßig kleinem Abstand der Schaltstücke voneinander verhindert, so daß die gesamte beim Schaltvorgang freiwerdende Energie, die Schaltarbeit, klein bleibt. Infolgedessen kann die Löschkammer und der sie umgebende, zur Aufnahme der Schaltgase bestimmte Raum trotz der spezifisch hohen Gaserzeugungskonstante des Öles verhältnismäßig klein gehalten werden.

Für Verwendung in Freiluft ist bei den ölarmen Schaltern die Säulenbauart vorherrschend. Denn bei der hohen Spannung (60 bis 220 kV) ist es besonders vorteilhaft, die Leistungskammer, in welcher die Löscheinrichtung untergebracht ist, auf einen Stützer zu stellen, der allein die Aufgabe der Isolation aller spannungführenden Teile gegen Erde übernimmt. Für die Lichtbogenlöschung werden im allgemeinen die gleichen Löscheinrichtungen benutzt wie bei den Schaltern für niedrige Spannungen, nur daß sie den höheren Spannungen durch entsprechende Bemessung und Isolierung angepaßt sind. So wird bei Expansionsschaltern die elastische Expansionskammer, bei den Druckausgleichschaltern die Differentialkolbenkammer verwendet. Der Konvektorschalter besitzt eine Art starrer Löschkammer mit zwei axialen Gasaustrittsöffnungen, bei der die Zersetzungsprodukte durch eine starke Konvektionsströmung längs der Lichtbogenachse abgeführt werden. Äußerlich sehen die Schalter ähnlich aus; sie unterscheiden sich in der verschiedenen Art der mechanischen Kraftübertragung auf die bewegten Schaltstücke. Während beim Konvektorschalter und beim Druckausgleichschalter hierfür keramische Drehsäulen benutzt werden, ist bei der neuen Type des Freiluft-Expansionsschalters der Antrieb vollständig in das Innere des Stützers verlegt und somit den atmosphärischen Einflüssen entzogen[1]).

[1]) Vgl. ETZ 61 (1940) S. 514, Bild 11.

Relais für Schutz-, Steuer- und Regeleinrichtungen

DK 621.318.5 : 621.316.925

Auf dem Gebiete dieser Einrichtungen sind im Berichtsjahr eine ganze Reihe von Fortschritten gemacht worden. Leider ist es den Sachbearbeitern nicht immer möglich gewesen, bei dem hohen Stand der Beschäftigung rechtzeitig für die entsprechenden Veröffentlichungen zu sorgen. Mit Schrifttumshinweisen kann daher nicht in allen Fällen gedient werden.

Ein neues Gleichstromrelais mit Drehspulsystem wurde entwickelt, dessen Anwendungsbereich sehr groß ist. Dieses Relais ist empfindlich genug, um es durch Photozellenströme zum Ansprechen zu bringen. Anderseits ist sein Aufbau so, daß es ohne weiteres für Starkstromaufgaben als Spannungs-, Strom- und Rückstromrelais, z. B. zum Schutze von Einankerumformern, dienen kann. Die Prüfspannung beträgt 6000 V, so daß auch in dieser Beziehung sein Verwendungszweck den der Mehrzahl ähnlicher Relais überschreitet. — Ferner wurde ein Stromrelais mit Fremderregung für Gleichstromanlagen bekannt, das wie das vorstehende den 20fachen Ansprechstrom dauernd verträgt, ohne Schaden zu nehmen[1]).

Es kamen Überstrom- und Rückstromrelais bzw. Auslöser mit einem Haftmagneten neuartiger Konstruktion zur Anwendung, die sich durch besonders kurze Eigenzeiten auszeichnen (0,002 s). Der Fluß einer Haftspannungsspule hält das Rückschlußeisen des Magnetsystems angezogen und wird durch den Fluß einer zweiten Spule bei Überstrom bzw. Rückstrom in kürzester Zeit zum Verschwinden gebracht, so daß das Eisenschlußstück, das unter der Einwirkung einer starken Rückzugfeder steht, abgerissen wird und dabei die Kontakteinrichtungen bzw. Klinken betätigt. Die Haftmagneten werden zur Zeit vor allem beim Überstrom- bzw. Rückstromschutz in Gleichrichteranlagen und als Auslöser bei Leitungsschaltern verwendet.

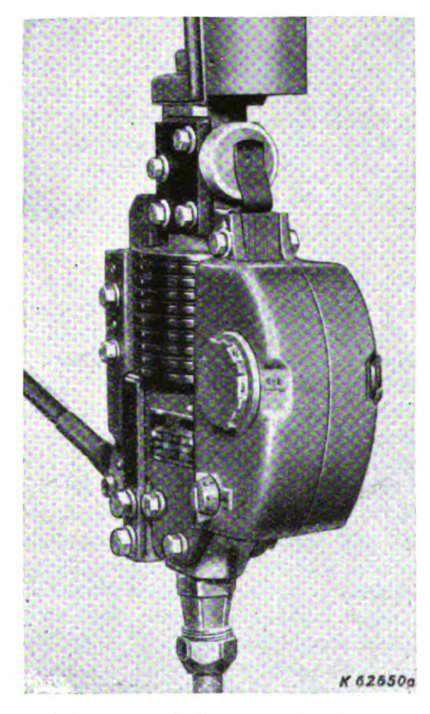


Bild 1. Primär-Überstromzeitauslöser.

[1]) K. Meyer, AEG.-Mitt. (1941) H. 1/2, S. 46.

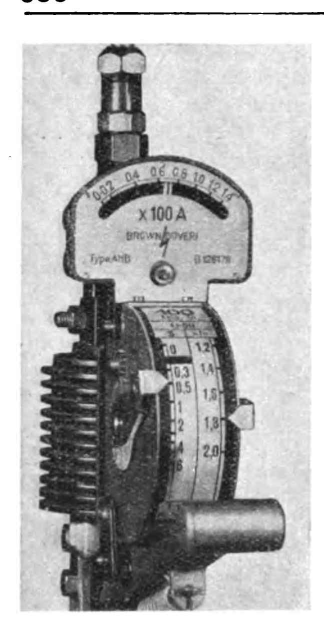


Bild 2. Primär-Überstromzeitauslöser mit Aufbau-Stromanzeiger.

Ein neuer P r i m ä r a u s l ö s e r großer Kurzschlußfestigkeit

$$(I_{\mathrm{th}} = 250 \cdot I_n;$$
$$I_{\mathrm{dyn}} = 1000 \cdot I_n)$$

und hoher Zeitgenauigkeit (Zeitfehler $\pm 0{,}1$ s) für Ölschalter und öllose Leistungsschalter fand in der Praxis Einführung[2]) (Bild 1). Bei einem anderen Primärauslöser wurde am Magnetsystem ein Stromanzeiger angebracht (Bild 2), der von der Stromspule des Auslösers mit erregt wird und daher die gleiche Kurzschlußfestigkeit wie der Auslöser selbst aufweist. Der Stromanzeiger ist als Zusatzgerät ausgebildet und kann ohne Änderung auch nachträglich an Auslöser der gleichen Firma angebaut werden.

Schon im vorigen Jahre wurde darauf hingewiesen, daß seitens des praktischen Betriebes sehr verschiedene und manchmal geradezu gegensätzliche Forderungen an die Schutzsysteme gestellt werden, die nur mit Kombinationen verschiedenartiger Relais erfüllt werden können. Dies führt z. B. dazu, daß die sehr schnell schaltenden Schutzsysteme, nämlich die Vergleichsschutzeinrichtungen — Längs- oder Quervergleichssysteme — kombiniert mit den Zeitstaffelsystemen zur Anwendung kommen. Zu diesen schon vorhandenen sehr rasch arbeitenden Quervergleichsschutzeinrichtungen wurde insbesondere zum Schutz von kurzen parallelen Kabeln gegen die Auswirkung von Kurzschlüssen, die in den Kabeln oder nachgeordneten Sammelschienen auftreten können, ein einfacher Q u e r - R i c h t u n g s v e r g l e i c h s s c h u t z angegeben, bei dem je Kabelende ein Überstromrichtungsrelais sowie ein Zeitrelais betätigt werden. Hilfsleitungen zwischen den Stationen sind dabei entbehrlich[3]).

Ein U n t e r s p a n n u n g s z e i t r e l a i s sowie ein Unterspannungszeitauslöser als Motorschutz erhalten in jüngster Zeit zur Erzielung des in der Praxis erforderlichen Zeitkennlinienverlaufes anstatt der üblichen Hemmwerke oder Ferrarissysteme Elektrolytkondensatoren, die im Störungsfalle die erforderliche Zeitverzögerung ergeben. Die Ablaufzeit ist bei diesen Relais um so kleiner, je größer die Spannungsabsenkung bei Netzkurzschlüssen ist.

Das Bedürfnis nach F e h l e r o r t s m e ß g e r ä t e n für Hochspannungs-Freileitungsnetze ist nach wie vor groß[4]). Die seit langem bekannte Ermittlung des Fehlerortes an Hand der Aufzeichnungen von Spannungs-Schnellschreibern ist umständlich und kostspielig. — Mit der üblichen Anzeige des Fehlerorts durch Schleppzeiger wurden bei den Distanzrelais mit stetigen Zeitkennlinien im allgemeinen befriedigende Erfahrungen gemacht. Dieses Verfahren ist einfach und nicht mit zusätzlichen Kosten verbunden. — Da aber an Stelle der Distanzrelais mit stetigen Zeitkennlinien immer mehr Distanzrelais mit stufenförmigen oder gemischten Zeitkennlinien treten, und da bei diesen Schnelldistanzrelais ein Schleppzeiger nicht befriedigt, sind von den maßgebenden Relaisherstellerwerken Fehlerortsmeßeinrichtungen nach dem Widerstandsprinzip entwickelt worden, die den Schnelldistanzrelais als Zusatzgeräte beigefügt werden können. Die Messung erfolgt bereits während der Kurzschlußdauer. —Daneben wurde auch eine Meßeinrichtung zum u n m i t t e l b a r e n A n z e i g e n d e r F e h l e r e n t f e r n u n g entwickelt, die mit der Reflexion betriebsfremder Frequenzen auf der gestörten Leitung arbeitet und eine Fehlerortermittlung sowohl bei Kurzschlüssen als auch bei Erdschlüssen erlaubt. Die Messung kann bei in Betrieb befindlichen und bei abgeschalteten Leitungen durchgeführt werden, wie dies auch bei einer anderen schon früher bekannten Ausführung der Fall ist[5]).

Die U m s t e l l u n g d e r R e l a i s g e h ä u s e einschließlich Abdeckkappen von Eisen auf Preßstoff bzw. Glas wird weiter betrieben, da sich, abgesehen von der Eiseneinsparung, auch fabrikatorische Vereinfachungen und betriebliche Vorteile ergeben.

Über das g e s a m t e G e b i e t der Schutzeinrichtungen mit Relais entsprechend dem neuesten Stande der Technik wird übrigens in der von der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung (WEV) herausgegebenen zweiten, vollständig neubearbeiteten Auflage des R e l a i s b u c h e s ausführlich berichtet[6]).

Im Berichtsjahr wurden wieder sehr viele s e l b s t g e s t e u e r t e D i e s e l n o t s t r o m s ä t z e in Betrieb genommen. Wie im vorigen Jahr werden sie im Schrifttum ausführlich behandelt. Hervorzuheben ist dabei das Interesse, das man den verschiedenen für die Notstromanlagen geeigneten einheimischen Brennstoffen entgegenbringt. Leistungsänderungen, die sich bei Verwendung anderer Brennstoffe ergeben, sowie die notwendigen Änderungen an den Dieselmotoren, um bei anderen Brennstoffen die gleiche Leistung herauszuholen, sind ausführlich erläutert worden[7]). Diese selbstgesteuerten Dieselsätze sind auch für neue Aufgaben angesetzt worden, nämlich zum Antrieb von Pumpen für Wasserversorgungen, Entwässerungen und Feuerlöschzwecke. Der vollselbsttätige Anlauf erfolgt ähnlich wie bei Dieselnotstromanlagen[8]).

Die Selbstverständlichkeit, mit der man heute Wasserkraftgeneratoren mit vollautomatischen Anlaßeinrichtungen ausrüstet, geht ebenfalls aus dem Schrifttum hervor[9]).

Der S c h n e l l r e g e l u n g d e r F r e q u e n z bzw. L e i s t u n g widmet man weiter die volle Aufmerksamkeit. Der Ersatz der menschlichen Tätigkeit durch das Relais in der Regeltechnik wird noch manche Fortschritte bringen. Wie weit die wirtschaftliche Auswirkung hierbei geht, ist noch eine Frage der Zukunft. Bestimmend werden auch die jeweiligen Erfordernisse sein[10]). Angestoßen durch die Bedürfnisse und die Erfolge der neuen elektrischen Regler wird die Regelungstechnik als allgemeine Aufgabe und ihre allgemeine Lösung der Kritik unterzogen bzw. systematisch behandelt[11]). Eine spezielle Lösung ist beschrieben worden[12]), bei der an die Stelle des Fliehkraftreglers für Wasserkraftmaschinen ein Turbinen-Frequenzregler tritt. Die Beeinflussung des Triebwerkes erfolgt durch einen kapazitiv und einen induktiv belasteten Stromkreis, deren Drehmomente entgegengesetzt wirken. Die Unempfindlichkeit dieses Reglers beträgt nur 0,03 % und liegt etwa eine Größenordnung tiefer als bei den empfindlichsten Fliehkraftreglern. Beinahe

---

[2]) W. Grosse und G. Brockhaus, AEG-Mitt. (1940) S. 77.
[3]) F. Fröhlich, ETZ 62 (1941) S. 173.
[4]) M. Walter, Elektrizitätswirtsch. 39 (1940) S. 358.
[5]) M. Schleicher, Selektivschutztechnik. 1936, Jul. Springer, S. 402.
[6]) M. Walter, Relaisbuch der WEV, 2. Auflage, Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin 1940.
[7]) A. Schön, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 304.
[8]) A. Schön, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 59 (1941) Heft 1/2, S. 10.
[9]) Ried, Wasserkr. u. Wasserwirtsch. 35 (1940) S. 208. Vgl. u. a. Ried, Z. VDI 84 (1940) S. 343.
[10]) H. Schmidt, Z. VDI 85 (1941) H. 4, S. 81. — R. Schimpf, „Die Technik" Gau Württemberg-Hohenzollern (1939) S. 24.
[11]) H. Schmidt, Z. VDI 85 (1941) H. 4, S. 81. — W. Oppelt, Z. VDI 85 (1941) H. 8, S. 191. — Th. Buchhold, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 31. — A. Leonhard, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 541. — W. Artus, Elektr. Nachr.-Techn. 17 (1940) S. 231. — A. Leonhard, Die selbsttätige Regelung in der Elektrotechnik. Julius Springer, Berlin 1940. — Fabritz, Die Regelung der Kraftmaschinen, Julius Springer, Wien 1940.
[12] H. Happoldt, ETZ 62 (1941) H. 9, S. 191.

noch eine Größenordnung tiefer liegt die Unempfindlichkeit der elektrischen Zusatz-Frequenzregler, die etwa 0,005 % beträgt. Mit diesem elektrischen Zusatzregler läßt sich eine wirkliche Schnellregelung der Frequenz oder auch anderer Größen erreichen. Außerdem ist bei der Leistungsregelung eine bequeme Verteilung der Leistung auf die parallel arbeitenden Maschinen möglich. Diese Aufteilung kann nach den jeweils gültigen Erfordernissen erfolgen (Bild 3). In dem in der Abbildung gezeigten Beispiel sind die Laststöße bei Einhaltung konstanter Frequenz (astatische Regelung) auf zwei Maschinen gleichmäßig verteilt worden. Diese elektrischen Zusatzregler erlauben — und das ist ihr weiterer großer Vorzug — die Fernbeeinflussung und Fernbetätigung, so daß mit ihrer Hilfe auch die Lastaufteilung auf Maschinen weit davon entfernter Kraftwerke nach Bedarf möglich ist.

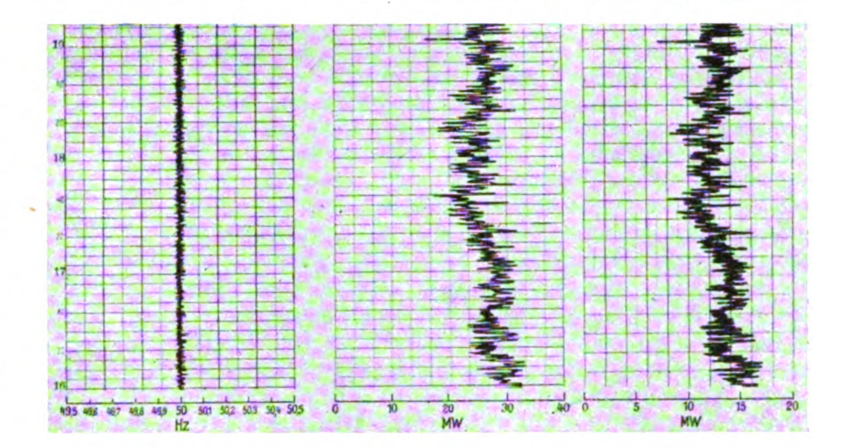


Bild 3. Frequenzregelung durch elektrischen Zusatzregler. Die Last wird durch den Regler auf die beiden frequenzfahrenden Maschinen verhältnisgleich aufgeteilt.

Steuereinrichtungen, die ursprünglich für Fernbetätigung entwickelt waren, werden nunmehr auch bei kleinen Entfernungen angewandt, so daß von einer „Fern"-Betätigung praktisch nicht mehr die Rede sein kann. Das Ergebnis ist auch hier die Ersparnis von Werkstoff, insbesondere von den sonst benötigten vielen Adern der Steuer- und Signalkabel.

Fernwirktechnik

DK 621.398

Im Berichtsjahr sind wie im vorangegangenen keine wesentlichen Neuentwicklungen bekannt geworden. Die Verwendung von Fernwirkanlagen dagegen nimmt ständig zu und erstreckt sich auch immer mehr auf neuerschlossene Anwendungsgebiete.

Bei der Fernmessung werden auch mit Verstärkerröhren arbeitende Kompensationsverfahren benutzt, so eines mit Lichtsteuerung[1]). Für solche Fernmeßwerte, die nicht dauernd überwacht werden müssen, wird häufig die Fernmessung auf Anwahl vorgesehen[2]). Bemerkenswert ist, daß das mit der Zeitdauer des Impulses als Kennzeichen für die Meßgröße arbeitende Impulszeitverfahren neuerdings in Amerika wieder zum Leben erweckt wurde[3]).

Für die Fernzählung wurde ein geeigneter Scheinverbrauchszähler beschrieben[4]).

Auf dem Gebiete der Fernsteuerung hat das im Vorjahr erwähnte Relaiswählerverfahren in großen Stückzahlen, insbesondere auch für Beleuchtungszwecke, Anwendung gefunden. Daneben sind auch Wählersteuerungen und Rückmeldungen in mehreren Ausführungen für ganz große Anlagen in Betrieb genommen worden. Auch die im Vorjahr bereits erwähnten Anlagen zur zentralen Fernsteuerung ohne Steuerleitungen über das Starkstromnetz haben weitere Verbreitung erfahren. Die beim Transkommandoverfahren durch die Tastung einer Phase des Drehstromnetzes entstehenden Erdschlußfragen wurden theoretisch untersucht[5]).

Die Fernregelung zur Erleichterung des Parallelbetriebs und der Lastverteilung in Netzen ist ebenfalls verstärkt eingesetzt worden[6]). Im Ausland kam eine von einer deutschen Firma gelieferte Anlage zur Fernregelung einer Übergabeleistung mit zusätzlichem Frequenzeinfluß und Hochfrequenzübertragung des Meßwertes der Übergabeleistung in Betrieb. Untersuchungen über die selbsttätige Regelung der Lastverteilung auf parallelarbeitende Maschinen und Kraftwerke wurden zur Ermöglichung des wirtschaftlichen Betriebs angestellt, auch im Ausland[7]). Von der Entwicklung, die die allgemeine Reglertechnik besonders in theoretischer und systematischer Beziehung nimmt[8]),[9]),[10]), dürfte auch die Fernregelung Gewinn davontragen.

Eine das Gesamtbild der Fernwirktechnik und deren Zusammenarbeit mit der Selbststeuertechnik auf der Ausstellung „Das Wasser" in Lüttich 1939 zeigende Einrichtung wurde von der deutschen Herstellerfirma als interessante Vorführanlage aufgestellt[11]).

Auf dem Gebiet der Hochfrequenz-Trägerstrom-Übertragung auf Hochspannungsleitungen für Fernsprech- und Fernwirkkanäle wurden ebenfalls keine neuen Entwicklungen bekannt, der verstärkte Einsatz hat auch hier zu einer großen Zahl von Neuanlagen und Erweiterungen bestehender Anlagen geführt. Besonders bemerkenswert ist eine Hochfrequenzfernmeßanlage für gleichzeitige Übertragung mehrerer Meßwerte mittels verschiedener Modulationsfrequenzen eines Trägers, die über eine Entfernung von über 600 km über Zwischenverstärker arbeitet und mit Rücksicht auf die gleichzeitig vorgesehenen Sprechübertragungen auf anderen Hochfrequenzträgerwellen mit den bereits im Vorjahr erwähnten Breitbandsperren ausgerüstet ist. Über die Störungen auf einer amerikanischen 387 kV-Leitung wird berichtet[12]).

[1]) Bleckwenn, ETZ 62 (1941) S. 292.
[2]) ETZ 61 (1940) S. 722.
[3]) ETZ 61 (1940) S. 810.
[4]) Paschen, ETZ 62 (1941) S. 211.
[5]) Aigner u. Hessenberg, Arch. Elektrotechn. 33 (1940) S. 603
[6]) Kraft, ETZ 61 (1940) S. 1047.
[7]) ETZ 61 (1940) S. 726.
[8]) Schmidt, Z. VDI 85 (1941) S. 81.
[9]) Buchhold, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 1 und S. 31.
[10]) Leonhardt, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 541.
[11]) Curion, Siemens-Z. 20 (1940) S. 235.
[12]) ETZ 62 (1941) S. 295.

Leitungsbau

DK 621.315.1/2

Freileitungen

Die Entwicklung des Freileitungsbaues nahm auch im Berichtsjahr, obwohl die kriegswirtschaftlich bedingten Verhältnisse teilweise hemmend wirkten, ihren stetigen Fortgang. Eine Reihe großer Leitungsbauten konnte in Betrieb genommen werden, darunter auch eine 220 kV-Leitung, deren Ausführungsform auf Bild 1 ersichtlich ist.

Bei allen diesen Bauten wurden die Erfahrungen und Erkenntnisse, die in zielbewußter und intensiver systematischer Kleinarbeit erworben wurden, nutzbringend verwertet. Die Bemühungen zur Lösung der aktuellen Probleme wurden in fast allen Teilen des Freileitungsbaues fortgesetzt.

Als vorläufiger Abschluß einer seit Jahren vom VDE veranlaßten Versuchsreihe wurde im Berichtsjahr ein Umbruchversuch mit einem größeren Blockfundament durchgeführt, dessen Ergebnis die grundsätzliche Richtigkeit der Kleinlogelschen Theorie bestätigt[1]). Bei der Ausbildung des Gestänges mußte weiterhin auf Stahleinsparung Rücksicht genommen werden, ohne hierbei jedoch die Sicherheit zu gefährden. Weitgehend wurden die Richtlinien für zweckmäßige Anordnung der Erdseile befolgt, um blitzsichere Leitungsanlagen zu gewährleisten.

Den Seilschwingungen wurde weiterhin größte Aufmerksamkeit geschenkt. Nach den neuesten Erfahrungen kann das Schwingungsproblem bei Seilen bis etwa 240 mm² als gelöst angesehen werden. Bei Seilen mit größeren Querschnitten versagt jedoch bisher bei Auftreten von Schwingungen die Dämpfung durch Störschwingungen (schwingungsdämpfendes Seil, Schwinghebeldämpfer). Größere Querschnitte haben jedoch meistens größere Stahlanteile als normale und sind dann bei einem Querschnittsverhältnis Stahl : Aluminium von etwa 1 : 3 nach den Versuchen und Beobachtungen sehr wenig schwingungsgefährdet[2]). Bei diesen Seilen wird durch Herabsetzen der zulässigen Seilzugspannung die Schwingungsgefahr noch weiter eingeschränkt und dabei gleichzeitig das Optimum an Leitungskosten erreicht.

Der in den letzten Jahren entwickelte Langstabisolator wurde vielfach eingebaut, besonders in 100 kV-Netzen. Da eine mit Langstabisolatoren ausgerüstete Leitung bei einem Überschlag mit nachfolgendem Lichtbogen wegen Fehlens des mechanischen Zusammenhanges bei Bruch eines Isolators sehr gefährdet sein kann, wurden umfassende Versuche mit Lichtbogenschutzarmaturen an diesen Isolatoren vorgenommen[3]), die zeigten, daß Schutzarmaturen bei diesen Isolatoren unbedingt notwendig sind. Über die Schutzwirkungen der bisher verwendeten Hornarmaturen stimmen die Auffassungen nicht überein. Aus den bei den Versuchen gewonnenen Erkenntnissen wurden neuartige Lichtbogenschutzarmaturen vorgeschlagen, und zwar von einer Seite Ringhornschutzarmaturen und von anderer Seite trichterförmige Blechschirmarmaturen.

Auf dem Gebiet des Ortsnetzbaues, bei dem bisher eine Normung in nur beschränktem Maße durchgeführt war, konnte eine Reihe von Bauteilen zur Normung vorgeschlagen werden, wie Isolatoren, Stützen, Hauseinführungen, Dachständer, Leitungsseile usw.[4]).

Bei den Vorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen wurde eine Reihe neuer Bestimmungen aufgenommen bzw. waren Neufassungen notwendig[5]). Hierbei ist für den Bau von Holzmaststrecken zu bemerken, daß nunmehr auch Gebirgslärchen (Stein- oder Rotlärchen) ungetränkt verwendet werden können.

[1]) A. Bürklin, ETZ 61 (1940) S. 1143.
[2]) Elektrizitätswirtsch. 39 (1940) S. 312 u. 369.

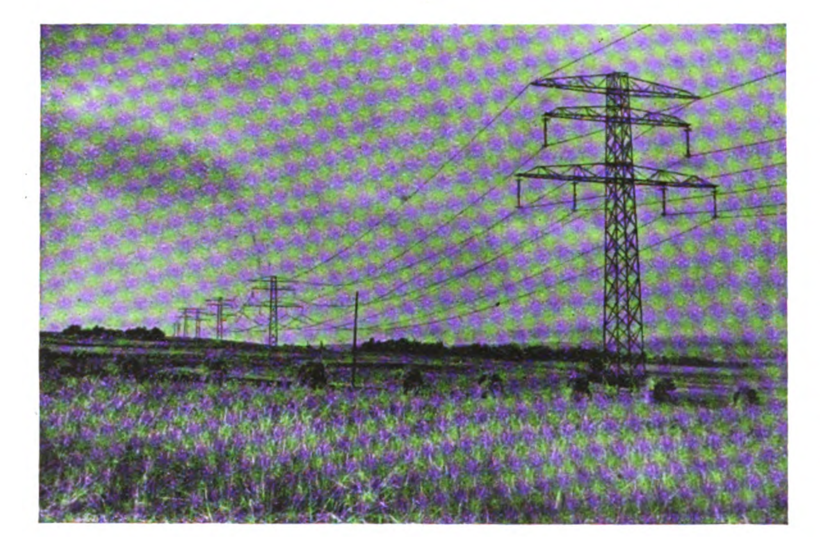


Bild 1. 220 kV-Leitung mit Rohrgittermasten.

Kabeltechnik

Der raschen Entwicklung von verschiedenartigen Typen von Hochspannungskabeln im In- und Ausland im letzten Jahrzehnt ist eine Zeit der Bewährung und Erfahrungssammlung gefolgt. Eine allerdings nicht über den ganzen deutschen Markt reichende Statistik zeigt, daß im letzten Jahrzehnt längenmäßig etwa 90 % aller Kabel von 50 kV an nach den stabilisierten Systemen, also vorwiegend als Öl- und Druckkabel[6])[7]), verlegt wurden, während der Rest aus vielen kurzen Längen nach dem Massekabelprinzip ausgeführten Kabeln besteht. Diese dienen hauptsächlich als Einführungskabel in Stationen, wo sie wegen ihrer hohen Stoßspannungsfestigkeit einerseits und ihrer großen Kapazität anderseits Vorteile für den Schutz der Stationen gegen Wanderwellen aus der Freileitung her bieten. Für das Zwischengebiet 20 bis 60 kV wird von einigen ausgeführten Gasdruckkabeln[8]) berichtet; das sind Massekabel, bei denen die gegebenenfalls in der Isolierung vorhandenen Hohlräume durch unter Überdruck von einigen atü stehenden Stickstoff gefüllt sind. Diese Maßnahme soll der Ionisierungsgefahr in den durch Temperaturschwankungen hervorgerufenen Hohlräumen in der Massekabelisolierung entgegentreten. Wegen der geringen Festigkeit des Bleimantels kann der angewandte Druck allerdings nicht sehr hoch sein, so daß solche Kabel für höhere Spannungen als 60 kV nicht in Betracht kommen. Mehrere Veröffentlichungen beschäftigen sich mit Erfahrungen an verlegten Kabeln aller Spannungen. Die nach Ausweis der Fehlerstatistik[9])[10]) noch ver-

[3]) P. Hochhäusler, ETZ 61 (1940) S. 891. Briefwechsel ETZ 62 (1941) S. 106. — H. Ziegler, ETZ 62 (1941) S. 325 u. 345.
[4]) ETZ 62 (1941) H. 6.
[5]) ETZ 62 (1941) S. 48.
[6]) Siemens-Z. (1939) S. 197.
[7]) Elektrizitätswirtsch. 40 (1941) S. 19.
[8]) Elektrizitätswirtsch. 39 (1940) S. 152.
[9]) Elektrizitätswirtsch. 39 (1940) S. 327.
[10]) Elektrizitätswirtsch. 39 (1940) S. 382.

hältnismäßig häufig auftretenden Störungen an Endverschlüssen haben außer Überspannungen auch Masseabwanderung in das meistens senkrecht hochgeführte Kabel als Ursache. Sie kann durch Füllung der Endverschlüsse mit geeignetem Kabelimprägnieröl und gelegentlicher Kontrolle beseitigt werden[11]). Auf Störungen, die Fernheizleitungen und andere Wärmequellen im Erdboden bei Hochspannungskabeln hervorrufen können, wurde aufmerksam gemacht und Abhilfemaßnahmen angegeben[12]). Die Schwierigkeit, daß Kabelmuffen in Störungsfällen zeitraubende Wickelarbeit beanspruchen, kann für Mittelspannungen, 15 bis 35 kV, in geeigneten Fällen durch Schnellmuffen[13]), die in etwa 3 bis 4 h ausführbar sind, wesentlich behoben werden. Als besonders werkstoffsparend erweisen sich bei niederen und mittleren Spannungen die Sektorkabel. Durch geeignete Fabrikationsmaßnahmen kann man Sektoren von hohem Füllfaktor erhalten, die dann zweckmäßig auf der Maschine vor dem Verseilen vorgedreht werden[14]). Aluminiumkabel haben sich zunehmend eingeführt und bewährt[15]), sie machen jetzt schon einen beträchtlichen Prozentsatz des deutschen Kabelnetzes aus, ohne daß nach Angabe der Fehlerstatistik ihre Störanfälligkeit wesentlich größer ist als die der Kupferkabel. Kabel mit Mänteln oder Isolierung aus Kunststoffen nehmen immer weiteren Raum ein und scheinen sich bei geeigneter Verwendung zu bewähren[16]).

[11]) Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 675. ETZ 61 (1940) S. 500.
[12]) Felten & Guilleaume-Rdsch. (1940) H. 27, S. 27.
[13]) Elektrizitätswirtsch. 39 (1940) S. 164.
[14]) ETZ 62 (1941) S. 199.
[15]) ETZ 61 (1940) S. 1126.
[16]) ETZ 61 (1940) S. 97 u. S. 1132, Elektrizitätswirtsch. 39 (1940) S. 161.

Hochspannungstechnik

DK 621.3.027.3

Die elektrischen Vorgänge in der Atmosphäre, insbesondere beim Gewitter, sind unermüdlich weiter erforscht worden, zumal sich immer wieder bestätigt, daß hier die weitaus größte Störungsquelle für Freileitungsnetze liegt[1]). Es konnte einerseits festgestellt werden, daß wesentliche Ergebnisse aus früherer Zeit, insbesondere über die in Frage kommenden Blitzstromstärken usw., kaum berichtigt zu werden brauchen[2]); anderseits zeigen sich viele Probleme als äußerst hartnäckig und schwer lösbar. So wird z. B. seit langem vermutet, daß bestimmte Geländestellen aus meteorologischen und geologischen Gründen besonders gefährdet sind[3]), während sich anderseits zeigt, daß nirgends einige Sicherheit gegen die Einschlagsgefahr besteht[4]).

Die Ansichten über die zweckmäßigen Schutzmaßnahmen, die sich in mühevoller Arbeit vieler Jahre entwickelt haben, gehen in den Grundzügen kaum mehr auseinander; die Wirksamkeit guter, richtig angeordneter Erdung, der Blitzseile usw. ist unbestritten[5]). Trotzdem bleiben natürlich viele Einzelfragen offen, an deren Beantwortung fleißig gearbeitet wurde. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhange die Feststellung[6]), daß Niederspannungsfreileitungen die Gewittergefahr in die angeschlossenen Gebäude hineintragen können, daß also die Sorgfalt, mit der bereits vor Jahrzehnten die „Schwachstromtechnik" Schutzeinrichtungen anwandte, keineswegs unberechtigt war.

Die Überspannungsableiter, die man in zwei Klassen, vollkommenere, aber teurere Apparate mit sehr stark gekrümmter Strom-Spannungskennlinie und einfachere „Ausblasfunkenstrecken" oder „Hartgasableiter" trennen kann, haben sich weiter bewährt[7]); der letztgenannte Typ darf nur im Rahmen seiner Leistungsfähigkeit angewendet werden[8]). Insbesondere ist die obere und untere Grenze des Stromes, der gelöscht werden kann, und die Rückkehrgeschwindigkeit der Spannung zu beachten. Die Kurzschlußfortschaltung hat sich im In- und Ausland, auch bei sehr kurzer Wiedereinschaltzeit, gut bewährt[9]). Betrachtungen über die zweckmäßige Abstufung der Isolation wollen wirtschaftliche Erstellung der Anlagen bei bester Erfüllung der technischen Forderungen ermöglichen[10]).

Wichtig waren unverändert Untersuchungen mit Spannungsstößen. Hier konnten beachtliche Ergebnisse erzielt, wie auch die Untersuchungsmethoden verbessert werden[11]).

Der praktisch so wichtige Freileitungsisolator war Gegenstand äußerst fleißiger Arbeit[12]); besonders eingehend wurde der Schutz des metallsparenden Langstabisolators gegen ‚Überschlagslichtbögen untersucht[13]). Verschmutzungsfragen und im Zusammenhang damit die Reinigungsmöglichkeiten im Betrieb wurden behandelt[14]). Die bisherige Temperatursturzprüfung erscheint zu schroff und bringt die Gefahr mit sich, daß Vorbeschädigungen auftreten[15]).

Die Energieübertragung mit hochgespanntem Gleichstrom bei konstanter Spannung, über die seit vielen Jahren diskutiert worden ist, wurde in einer 50 kV-Versuchsanlage über 20 km Entfernung mittels Hg-Dampf-Stromrichtern verwirklicht[16]).

Die grundlegenden Fragen nach dem Durchschlagsvorgang, der dielektrischen Festigkeit usw. waren Gegenstand sehr vieler Arbeiten, die das schwierige Gebiet nach allen Richtungen durchforschen[17]). Interessant sind Untersuchungen mit Hochspannung hoher Frequenz[18]); hier zeigt sich unter anderem, wie zu erwarten, der große Einfluß der kapazitiven Leitfähigkeit.

Die Ausschüsse des VDE konnten wiederum zahlreiche Normen und Leitsätze für Isolierstoffe, Isolatoren, deren Prüfung u. a. mehr zum Abschluß bringen.

[1]) ETZ 61 (1940) S. 900.
[2]) ETZ 62 (1941) H. 7, S. 160.
[3]) ETZ 61 (1940) S. 704.
[4]) ETZ 61 (1940) S. 878.
[5]) ETZ 62 (1941) H. 7, S. 160. — ETZ 62 (1941) H. 13, S. 336 — ETZ 62 (1941) H. 14, S. 361.
[6]) ETZ 62 (1941) H. 14, S. 356.
[7]) ETZ 62 (1941) H. 8, S. 181.
[8]) ETZ 61 (1940) S. 477.
[9]) ETZ 61 (1940) S. 900.
[10]) ETZ 62 (1941) H. 15, S. 365, H. 16, S. 391.
[11]) ETZ 61 (1940) S. 421. — ETZ 61 (1940) S. 456. — ETZ 61 (1940) S. 565. — ETZ 61 (1940) S. 797. — ETZ 61 (1940) S. 878. — ETZ 61 (1940) S. 894. — ETZ 62 (1941) H. 3, S. 45.
[12]) ETZ 61 (1940) S. 561. — ETZ 61 (1940) S. 645, 669. — ETZ 61 (1940) S. 662. — ETZ 61 (1940) S. 1058.
[13]) ETZ 61 (1940) S. 891. — ETZ 62 (1941) H. 5, S. 106. — ETZ 62 (1941) H. 13, S. 325. — ETZ 62 (1941) H. 14, S. 345.
[14]) ETZ 61 (1940) S. 402. — ETZ 61 (1940) S. 645. — ETZ 61 (1940) S. 659. — ETZ 61 (1940) S. 817. — ETZ 61 (1940) S. 823.
[15]) ETZ 62 (1941) H. 4, S. 65. — ETZ 62 (1941) H. 4, S. 68
[16]) ETZ 61 (1940) S. 591.
[17]) ETZ 61 (1940) S. 381. — ETZ 61 (1940) S. 481. — ETZ 61 (1940) S. 876. — ETZ 61 (1940) S. 1156. — ETZ 61 (1940) S. 1157. — ETZ 62 (1941) H. 3, S. 57.
[18]) ETZ 61 (1940) S. 1161, 1188.

Elektrische Bahnen

DK 621.33 : 625.1 .2

Deutsche Reichsbahn

Kurze Abschnitte neuer Fernstrecken sowie weitere Umspannwerke und Fernleitungen wurden in Betrieb genommen.

Der Gleichstrombetrieb auf der Hamburger S-Bahn[1] bis [7]) wurde weiter ausgedehnt.

Die Lastverteilung zwischen den einzelnen Kraftquellen im 16⅔ Hz-Netz wird durch den Ausbau einer besonderen Schaltwarte erleichert[8]).

Es wurden weitere Güterzuglokomotiven der Achsfolge Co'Co', Baureihe E 94, geliefert[9])[10]).

Von der Güterzuglokomotive der Achsfolge Bo'Bo', Baureihe E 44, wurden weitere[11]) in Dienst gestellt.

Auf der Berliner S-Bahn wurde der tausendste Viertelzug in Betrieb genommen[12]). Die allgemeine Einführung der Nutzbremse bei den neuen Triebzügen für Gleich- und Wechselstrom-Stadtbahnen steht nach Abschluß der bestens verlaufenen Vorversuche bevor.

Die bisherigen Erfahrungen über den Haftwert zwischen Rad und Schiene[13]) sowie über den Reibwert zwischen Rad und Bremsklotz[14]) wurden zusammengestellt und miteinander verglichen. Hierbei wurde festgestellt, daß die Erkenntnisse über den Verlauf und die Ausnutzung des Haftwertes und des Reibwertes noch weiterer Klärung bedürfen.

Nach neueren Veröffentlichungen[15]) stellt die Deutsche Reichsbahn auf Anregung des Führers Untersuchungen über die Errichtung eines besonderen Schnellverkehrsnetzes für den Reiseverkehr und für den Verkehr von Massengütern an. Die Möglichkeit, daß die auf der VDE-Tagung 1939 in Wien behandelten elektrischen Bahnen für Fernschnellverkehr[16])[17]) zur Ausführung kommen, ist damit wesentlich näher gerückt.

[1]) Kother, VDE-Jahresbericht 1940 über „Elektrische Bahnen" ETZ 61 (1940) S. 629.

[2]) Peters und Kniffler, Die elektrische Ausrüstung der Gleichstrom-Triebzüge der Hamburger S-Bahn. Elektr. Bahnen 16 (1940) S. 95.

[3]) Taschinger, Wagenbaulicher Teil der Gleichstrom-Triebzüge der Hamburger S-Bahn. Elektr. Bahnen 16 (1940) S. 106.

[4]) Beier und Fleischhammer, Die Steuerung und ihre Geräte der Gleichstromtriebzüge der Hamburger S-Bahn. Elektr. Bahnen 17 (1941) S. 1.

[5]) Fitz, Die Hilfsbetriebe der Gleichstromtriebzüge der Hamburger S-Bahn. Elektr. Bahnen 17 (1941) S. 8.

[6]) Mehner, Die Montage der elektrischen Ausrüstung in den neuen Triebwagen der Hamburger S-Bahn. Elektr. Bahnen 17 (1941) S. 15.

[7]) Boehm, Die Umstellung der Hamburger S-Bahn von Einphasen- auf Gleichstrombetrieb. ETZ 62 (1941) S. 281.

[8]) Ganzenmüller und Kammerer, Fernwirkanlagen für den elektrischen Zugbetrieb. Elektr. Bahnen 16 (1940) S. 120.

[9]) Michel, Elektrische Co'Co'-Güterzuglokomotive Gattung E 94 der Deutschen Reichsbahn. Elektr. Bahnen 16 (1940) S. 149.

[10]) Kleinow, Elektrische Güterzuglokomotive Co'Co' E 94 der Deutschen Reichsbahn. Elektr. Bahnen 16 (1940) S. 184.

[11]) Michel, Hundert elektrische Lokomotiven der Reihe E 44, Achsfolge Bo'Bo' der Deutschen Reichsbahn. Elektr. Bahnen 16 (1940) S. 83.

[12]) Kniffler, Der 1000. Viertelzug für den Berliner S-Bahn-Verkehr der Deutschen Reichsbahn. Elektr. Bahnen 16 (1940) S. 194.

[13]) Kother, Verlauf und Ausnutzung des Haftwertes zwischen Rad und Schiene bei elektrischen Triebfahrzeugen. Elektr. Bahnen 16 (1940) S. 219.

[14]) Kother, Verlauf und Ausnutzung des Reibwertes zwischen Rad und Bremsklotz. Elektr. Bahnen 17 (1941) S. 21.

Deutsche Industrie

Die im Vorjahr erwähnten Lokomotiven (vgl. Fußnote 1) der Bauart Bo+Bo+Bo wurden in zahlreichen Stücken nachgeliefert. Der Bau von Abraumlokomotiven und anderen Lokomotiven für industrielle Zwecke hat stark zugenommen.

Die deutsche Industrie hat neue Auslandslieferungen an 3000 V-Gleichstromlokomotiven in Auftrag erhalten. Für die Chilenische Staatsbahn wurden die ersten drei 3000 V-Gleichstromlokomotiven der Achsfolge Co'Co' fertiggestellt. Die Leistung einer Lokomotive beträgt 6 × 350 kW Stundenleistung bei 30 km/h und 3000 V Fahrdrahtspannung; das Gewicht beträgt 120 t. Es ist eine Nutzbremse eingebaut; es können mehrere Lokomotiven durch Vielfachsteuerung von einem Führerstand aus betrieben werden. Weiter wurden für die Chilenische Staatsbahn 3000 V-Oberleitungs-Triebzüge sowie solche mit diesel-elektrischem Antrieb[18]) geliefert.

Elektrischer Zugbetrieb außerhalb Großdeutschlands

In Ländern, die bereits elektrischen Betrieb haben, wird die Elektrisierung fortgesetzt. Weitere Länder — u. a. auf dem Balkan — haben die Einführung des elektrischen Betriebes beschlossen, wie aus zahlreichen Pressemeldungen hervorgeht.

[15]) Leibbrand, Weiterentwicklung des Schienenweges. Großdeutscher Verkehr 35 (1941) S. 140; Auszug: Rdsch. Deutscher Techn. 21 (1941) Nr. 15, S. 2.

[16]) Kother, Aus der Entwicklung der Schnellbahnen. ETZ 60 (1939) S. 1149 und 1177.

[17]) Kother, Sehmer, P. Müller, Hutt, K. Mann, Elektrische Bahnen für Fernschnellverkehr. VDE-Fachber. 11 (1939) S. 194.

[18]) J. Schmid, Dreiteiliger dieselelektrischer Triebwagenzug der Chilenischen Staatsbahn. Org. Fortschr. Eisenbahnw. 95 (1940) S. 331.

Nahverkehrsmittel

DK 625.62.621.335.43—831.1 + 621.335.5

Straßenbahnen

Im vorjährigen Berichtsheft der ETZ wurde bereits darauf hingewiesen[1]), daß bei der Reichsverkehrsgruppe Schienenbahnen, Fachgruppe Straßenbahnen, ein besonderer Typungsausschuß gebildet wurde, der sich aus Vertretern von Straßenbahnverwaltungen, der Elektrizitäts- und der Wagenbaufirmen zusammensetzt und dessen Aufgabe es ist, den deutschen Einheits-Straßenbahn-Wagen (ESW) zu schaffen. In dem seit dem Erscheinen des vorgenannten Heftes verflossenen Jahr hat dieser Ausschuß sehr umfangreiche Arbeiten geleistet. Um eine Vereinheitlichung des wagenbaulichen Teiles gewissermaßen bis zur kleinsten Schraube durchführen zu können, wurden auf Veranlassung des Reichsverkehrsministeriums die Konstruktionsarbeiten in einem eigens hierfür gebildeten Konstruktionsbüro, dem ESW-Büro, ausgeführt, in das die Wagenbaufirmen Konstrukteure und Zeichner entsandten, und das einem bewährten Konstruktionsingenieur einer Straßenbahnverwaltung unterstellt wurde. Trotz der durch die derzeitigen Verhältnisse bedingten Schwierigkeiten ist es gelungen, in Zusammenarbeit des Typungsausschusses und des ESW-Konstruktionsbüros die Zeichnungen für die verschiedenen Typen des ESW bis zum derzeitigen Zeitpunkt nahezu fertigzustellen.

Wenn auch bei der elektrischen Ausrüstung eine so weitgehende Vereinheitlichung, ja sogar Normung wie beim wagenbaulichen Teil mit Rücksicht auf den Stand der technischen Entwicklung noch nicht erreicht werden konnte, so ist es doch gelungen, bei den Motoren gewisse Einheitstypen zu schaffen und auch den Scherenstromabnehmer zu vereinheitlichen. Bei den Fahrschaltern konnte noch nicht zu einer Festlegung bestimmter Bauarten geschritten werden. Die bisher üblichen Plattform-

[1]) ETZ 61 (1940) S. 630.

fahrschalter schieden für eine Typung aus. Von Hand betätigte, zentralgelagerte vielstufige Fahrschalter sind noch in der Entwicklung begriffen, und auch die Erfahrungen mit vielstufigen halbselbsttätigen sowie mit feinstufigen handbetätigten und halbselbsttätigen Schaltwerken reichen noch nicht aus, um hier bereits eine Normung vornehmen zu können. Aber die Arbeiten werden auch hier fortgesetzt, um zu bestimmten Typen zu gelangen.

Alle auf Grund der Beratungen des Typungsausschusses getroffenen Festlegungen für den wagenbaulichen Teil und die elektrische Ausrüstung haben ihren Niederschlag gefunden in den Technischen Festlegungen für die regelspurigen (TF ESWr) und die meterspurigen (TF ESWm) Einheits-Straßenbahn-Wagen, die in Kürze fertiggestellt und dann Interessenten zur Verfügung stehen. In Zukunft dürfen die Straßenbahnverwaltungen auf Grund des Erlasses des Herrn Reichsverkehrsministers vom 21. August 1940 nur noch Einheits-Straßenbahn-Wagen auf Grund eines vorher zur Genehmigung einzureichenden Antrages auf Typgenehmigung beschaffen, und nur in zwingenden Gründen wird der Herr Reichsverkehrsminister Ausnahmen zulassen[2]).

Neben diesen umfangreichen Arbeiten auf dem Gebiet des Wagenbaues wurden auf dem Gebiet des Fahrleitungsbaues die Versuche mit Fahrleitungen aus Heimstoffen fortgesetzt. Ein endgültiges Ergebnis liegt zur Zeit noch nicht vor.

Auch sonst wurde, soweit wie möglich, bei den elektrischen Ausrüstungsteilen der Fahrzeuge von der Verwendung von Heimstoffen Gebrauch gemacht. Zur Zeit laufen auch hier noch Versuche mit Feldwicklungen für Bahnmotoren aus Aluminium.

Oberleitungsomnibusse

Die im vorjährigen Bericht ausgesprochene Vermutung, daß die Aufwärtsentwicklung von Obusanlagen durch den Krieg gehemmt würde, hat sich nicht nur nicht erfüllt, vielmehr kann festgestellt werden, daß der Krieg und seine Begleiterscheinungen sich gerade für die Einführung von Obusanlagen äußerst günstig ausgewirkt hat. Neben einigen während des Krieges fertiggestellten Obusanlagen sind von einer beachtlichen Anzahl Verkehrsbetrieben die Umstellung von Omnibus- und Straßenbahnlinien aus Gründen kriegsbedingter Art auf Obusbetrieb in Bestellung gegeben worden, wobei insbesondere die Einsparung flüssiger Kraftstoffe als einer der maßgebenden Faktoren für die Umstellung anzusehen ist. Diesen Notwendigkeiten wurde dadurch Rechnung getragen, daß sich der Generalbevollmächtigte für das Kraftfahrwesen bereit erklärte, zur Aufnahme ins Kriegsbauprogramm 1941 insgesamt 300 Obusse zum Bau freizugeben. Diese Entwicklung zeigt Bild 1, wobei als Ausgangspunkt das Jahr 1930, der Zeitpunkt der Wiedereinführung des Obusses in Deutschland, zugrunde gelegt ist. Einen Überblick über die zahlenmäßige Verteilung vermittelt Tafel 1 mit dem Verzeichnis der hieran beteiligten deutschen Städte. Es befinden sich somit

a) in Betrieb: 14 Verkehrsbetriebe mit 70 Obussen und insgesamt 111,89 km Streckenlänge;

[2]) Über die Einheits-Straßenbahn-Wagen wird in einem besonderen Aufsatz in der ETZ noch berichtet werden.

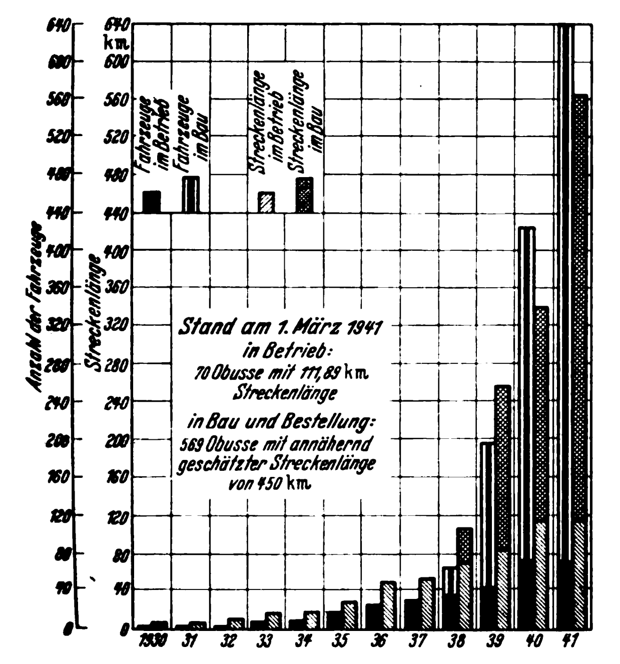


Bild 1. Entwicklung der Obus-Anlagen in Deutschland von 1930 bis 1941.

Tafel 1. Die in Deutschland in Betrieb bzw. im Bau befindlichen und in Bestellung gegebenen Obus-Anlagen (nach dem Stand vom 1. März 1941).

lfd. Nr.	Verkehrsbetrieb	I in Betrieb befindliche Obusanlagen: Stück Obusse	I Streckenlänge in km	II außerhalb des Kriegsbauprogramms im Bau befindliche Obusanlagen: Stück Obusse	III im Kriegsbauprogramm 1941 bestellt: Stück Obusse
1	Aachen				14
2	Allenstein	6	12,5	6	
3	Altenburg				2
4	Augsburg				2
5	Berlin (BVG)	11	17,4	18	16
6	Beuthen (O.-S.)				4
7	Bielefeld				8
8	Breslau[1])				20
9	Bromberg			12	
10	Chemnitz				14
11	Danzig			11	
12	Darmstadt (HEAG)				6
13	Dortmund			14	10
14	Düsseldorf (Mettmann-Gruiten)	2	5.8		
15	Eberswalde	5	5,1	3	2
16	Eisenach			5	
17	Essen				10
18	Eßlingen				10
19	Flensburg			4	
20	Frankfurt a. M.				4
21	Frankfurt (Oder)				5
22	Gera	2	4.1		
23	Gießen			12	4
24	Graz[1])			6	10
25	Greiz[1])				2
26	Halle-Saale				5
27	Hamburg			6	18
28	Hannover	2	3,1		
29	Hirschberg				6
30	Idar-Tiefenstein	2	4,5		
31	Innsbruck-Hall				18
32	Insterburg	6	13,70		3
33	Kassel				3
34	Klagenfurt				8
35	Koblenz			4	
36	Köln				8
37	Königsberg				6
38	Landsberg (Warthe)[1])				10
39	Leipzig	5	3.6	6	17
40	Liegnitz				4
41	Linz (Donau)			10	
42	Marburg				10
43	Oldenburg	7	13,7	8	
44	Pirmasens			3	5
45	Plauen[1])				10
46	Posen	4	2,25	2	
47	Potsdam				9
48	Regensburg			7	
49	Salzburg	10	8,0		29
50	Siegen			6	4
51	Stettin[1])				6
52	Trier	5	5,0	5	15
53	Troppau[1])				8
54	Waldenburg				18
55	Wien			50	
56	Wuppertal-Barmen[1])				5
57	Zwickau	3	13, 14	3	
		70	111,89	201	368

[1]) Die Bestellungen dieser Betriebe wurden im Kriegsbauprogramm 1941 teilweise nicht berücksichtigt und für das Kriegsbauprogramm 1942 vorgemerkt.

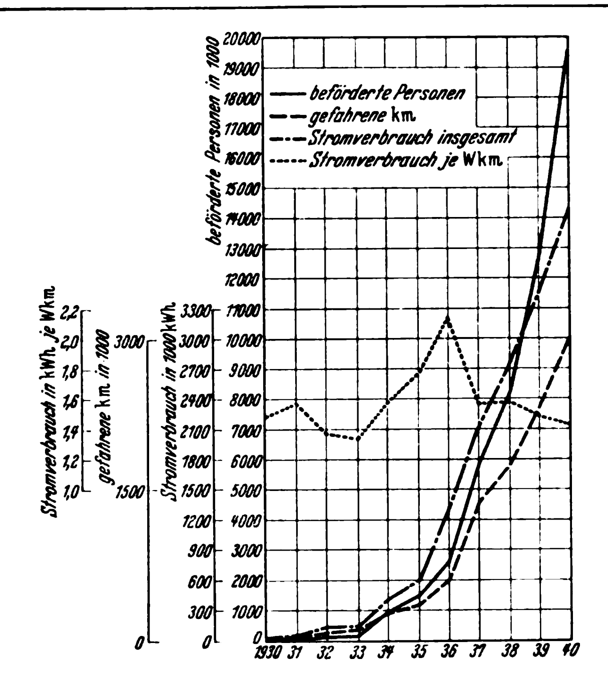


Bild 2. Betriebs- und Verkehrszahlen der Obus-Betriebe in Deutschland von 1930 bis 1940.

b) im Bau: 14 Verkehrsbetriebe (einschl. Nachbestellungen) mit 201 Obussen und etwa 115 km Streckenlänge;

c) in Bestellung: 21 Verkehrsbetriebe (einschl. Nachbestellungen) mit 302 Obussen und etwa 285 km Streckenlänge;

d) zur Bestellung beantragt: 8 Verkehrsbetriebe mit 66 Obussen und etwa 50 km Streckenlänge.

Die hiernach bisher festgestellte Entwicklung und das von den Verkehrsbetrieben gezeigte Interesse an der Umstellung weiterer Betriebe läßt erkennen, daß in den nächsten Jahren sehr wahrscheinlich mit einer erheblich größeren Beschaffung von Obussen bzw. Anlagen gerechnet werden muß.

Die Entwicklung der Betriebs- und Beförderungsleistungen der jetzt in Betrieb befindlichen Anlagen zeigt Bild 2. Man erkennt hieraus die Bedeutung des Obusses als neues Verkehrsmittel und zusätzlicher Konsument der deutschen Elektrizitätswirtschaft; die Verbrauchskurven, insbesondere der spezifische Stromverbrauch je Wagenkilometer zeigt außerdem eindeutig, wie seit der planmäßigen Einführung des Eingehäuse-Doppelkommutatormotors und die damit geschaffene Vereinheitlichung der Antriebsmotoren für Obusse der spezifische Stromverbrauch durch die stromsparende Schaltung vermindert werden konnte.

Die elektrischen Fahrzeugausrüstungen sind, ebenso wie die Fahrleitungsanlagen, in ihrer technischen Entwicklung auch weiterhin vereinheitlicht und verbessert worden.

Als Antriebsmotoren werden nunmehr einheitlich von allen Elektrofirmen folgende Motorgrößen gebaut:

Größe I Eingehäuse-Doppelkommutatormotor für 60 bis 65 kW Stundenleistung,

Größe II Eingehäuse-Doppelkommutatormotor für 85 bis 90 kW Stundenleistung,

Größe III Eingehäuse-Doppelkommutatormotor für 120 kW Stundenleistung.

Die Motoren sind zunächst nur insoweit vereinheitlicht, als außer den elektrischen Leistungsdaten die Firmen gleiche Einbau- und Anschlußmaße einhalten; die Austauschbarkeit der Motoren untereinander ist daher gewährleistet.

Die bei den Motoren erreichte einheitliche Bauart konnte bei den Steuer- bzw. Schaltgeräten bisher noch nicht verwirklicht werden. Es ist jedoch insofern eine gewisse Einheitlichkeit erzielt worden, als nunmehr von allen Firmen die nicht selbsttätige Feinstufsteuerung gebaut wird. Auf Grund günstiger Betriebserfahrungen wird jedoch von einer Elektrizitätsfirma außer der nicht selbsttätigen auch eine halbautomatisch wirkende Steuerung hergestellt, die künftig in einer Anzahl von Anlagen zur Ausführung kommen wird. Diese Steuerungen werden zur Zeit so entwickelt, daß die elektrische Bremse als Gebrauchsbremse mit dem Steueraggregat mechanisch und elektrisch gekuppelt ist, wodurch eine weitere Vereinfachung erzielt wird. Es ist hierbei das Ziel dieser neuen Bauart, die elektrische Bremse mit der Luftdruckbremse so zu kombinieren, daß möglichst mit nur einem Bremsfußhebel zuerst die elektrische Bremse und nach Abbremsung des Fahrzeuges auf eine dieser Widerstandsbremsung entsprechende Fahrgeschwindigkeit die Luftdruckbremse zur Wirkung kommt und so dem Fahrer eine möglichst einfache Bremsbedienung gewährleistet.

Nachdem bisher in Deutschland eine Obusanlage mit Verbundmotoren und mit Nutzbremsung noch nicht ausgeführt worden ist, wurde jetzt die erste Anlage dieser Art bestellt. Es wird somit auch dadurch die Möglichkeit geboten, zu prüfen, inwieweit unter bestimmten Voraussetzungen sich die Vorzüge des Verbundmotors für die elektrische Nutzbremsung gegenüber der einfacheren und billigeren Ausrüstung des Hauptstrom-Doppelkommutatormotors auswirken werden.

Während des letzten schnee- und frostreichen Winters haben sich die Obus-Fahrleitungsanlagen, die mit besonderen elektrischen Heizeinrichtungen zum Auftauen des Rauhreif- und Eisansatzes ausgerüstet waren, gut bewährt. Bei Betrieben, in denen diese Einrichtungen fehlten, die jedoch unter besonders ungünstigen klimatischen Verhältnissen zu leiden hatten, sind nachträglich noch solche Einrichtungen beschafft worden. Es ist daher zu empfehlen, von vornherein beim Bau derartiger Fahrleitungsanlagen mit klimatisch schwierigen Verhältnissen Heizeinrichtungen mit einzubauen.

Im ganzen betrachtet kann festgestellt werden, daß durch die enge Zusammenarbeit zwischen Industrie und Verbraucherkreisen über den Obus-Ausschuß ein erfreulicher Schritt zur Verbesserung und Vervollkommnung der elektrischen Ausrüstung wie auch der Fahrzeuge und Anlagen vorwärts getan worden ist. Diese im Interesse der Betriebe geleisteten Arbeiten werden dem Obus eine stetig zunehmende Weiterentwicklung sichern.

Gleislose Akkumulatorenfahrzeuge

Die Arbeiten auf diesem Gebiet beschränkten sich im Berichtsjahr lediglich auf den weiteren Ausbau der Typisierung und Normung. In Anlehnung an die „Ausführungsvorschriften zu der Verordnung über die Typenbeschränkung in der Kraftfahrzeugindustrie“ wurden von der zuständigen Fachunterabteilung „Elektrofahrzeuge“ der WEI Begriffsbestimmungen für Elektrokarren, Elektrolastkraftwagen und Elektrozugmaschinen festgelegt und eine Unterteilung nach Haupt-, Neben- und Sondertypen sowie nach Spezialfahrzeugen vorgenommen. Nach diesen grundlegenden Richtlinien, die demnächst in Form eines Normblattes veröffentlicht werden, wurde außer dem bereits im Jahre 1939 festgelegten, für die Kriegszeit gültigen Typenbauprogramm ein neues, für die kommende Friedenszeit geltendes Typenbauprogramm aufgestellt. Letzteres zeigt fast nur in den Neben- und Sondertypen geringe Abweichungen gegenüber dem derzeitigen Kriegsprogramm.

Auf dem Gebiete der Normung konnten grundsätzliche Einigungen in den Fragen der Beleuchtungseinrichtung und der Bereifung erzielt werden, die zu sehr starken Einschränkungen gegenüber der Zahl der bisher benutzten

Teile führen werden, wodurch eine wirtschaftliche Reihenfertigung dieser Teile ermöglicht wird. Auch hier waren die bereits im Kraftfahrbau geleisteten Vorarbeiten richtunggebend. Soweit es sich um den mechanischen Teil der Fahrzeuge handelt, wird sich die Normung weiter stark an den Kraftfahrbau anlehnen.

Die vor einigen Jahren im Elektrolastkraftwagenbau erstmalig angewandte Schaltautomatik wird jetzt auch teilweise beim Elektrokarren serienmäßig gebaut. Die vollautomatische Schaltung gestattet ein Anfahren ohne Zugkraftunterbrechung über alle Schaltstufen hinweg. Der Anlaufvorgang wird dabei lediglich durch den Fahrer ausgelöst, aber nicht weiter beeinflußt, wodurch eine weitere Vereinfachung in der Bedienung der Fahrzeuge erreicht und außerdem eine günstige Schaltweise erzielt wird. Die Einrichtung besteht aus dem Fahrtrichtungsschalter, der zugleich als Haupt- und Notschalter dient, dem Schlüsselschalter, der die mißbräuchliche Benutzung des Fahrzeuges verhindert, dem Bremspedalschalter, mit welchem der Anlaßvorgang ausgelöst wird, und dem eigentlichen, mit Öldämpfung versehenen Schaltautomaten sowie dem mehrstufigen Anfahrwiderstand. Der Schaltautomat kann zwischen 4 und 20 s eingestellt werden, so daß ein zweckmäßiges Anfahren auch in hügeligem Gelände ermöglicht wird.

Neben der sonst üblichen und immer noch vorherrschenden Reihen-Parallelschaltung der Motorfelder mit Anfahrwiderstand bzw. der Batteriegruppen ohne Anfahrwiderstand mit Hilfe eines Fahrschalters, der sowohl als Walzenschalter oder als Flachbahnschalter für stromloses Schalten ausgebildet ist, sei hier noch auf die reine Feldschaltung mittels ferngesteuertem Schaltmotor hingewiesen. Dieses System arbeitet ebenfalls ohne Widerstände und gestattet das Schalten der Stufen ohne Zugkraftunterbrechung. Der Betätigungshebel in Form eines Drehgriffes sitzt am Lenkhebel des Fahrzeuges und ist mit einem Schalter für den Steuerstrom der Relais mechanisch gekuppelt. Das Hauptschütz mit Funkenlöschung sowie drei Stufenschütze sind zusammen mit einem Sicherungsautomaten unmittelbar im Motorgehäuse untergebracht. Diese Art der Schaltung wird neuerdings auch bei explosionsgeschützten Elektrokarren nach VDE 0172[3]) angewandt.

3) ETZ 61 (1940) S. 912.

Isolierstoffe

DK 621.315.6

Die vergangenen Monate brachten eine Fülle von Arbeiten auf dem Gebiet der Isolierstoffe. Die vielerlei Leitsätze, Vorschriften, Regeln und Normen wurden schon an anderer Stelle dieses Heftes genannt. Hier soll auf die sachlichen Fortschritte eingegangen werden. Wenn auch die meisten Veröffentlichungen Neuerungen behandeln, die schon weiter zurückreichen, so bieten andere Einblick in die derzeit laufenden, noch nicht im ganzen Umfang bekanntgebbaren Entwicklungsarbeiten.

In der Berichterstattung über neue Kunststoffe ist eine gewisse Zurückhaltung zu beobachten. Daher kommt den kurzen Mitteilungen in den Fachausschüssen des VDI und VDCh besondere Bedeutung zu, durch die einiges von den aussichtsreichen Polyamiden[1]) und Oppanolen[2]) zu erfahren war. Über die altbekannten synthetischen Isolierstoffe wurden Forschungsarbeiten abgeschlossen, die zum Teil die Fortsetzung älterer Bemühungen sind, wie beispielsweise Untersuchungen über den Zusammenhang des Verlustwinkels mit dem molekularen Aufbau[3]) oder die Steigerung der Temperaturfestigkeit von Triesterfolien für Maschinenisolationen bis zu 120 ° C[4]). Andere Arbeiten greifen Fragen auf, die über den Rahmen der bisherigen Untersuchungen hinausgehen. Systematische Quellversuche an Phenoplasten[5]) bieten von einem neuen Gesichtspunkt Einblick in das makromolekulare Stoffgerüst mit Einschlüssen niederer Kondensationsstufen. Die Sichtbarmachung der Elektrizitätsleitung in Gießharzen unterstützt diese Anschauung von der elektrischen Seite[6]). Der Wert der wissenschaftlichen Arbeit zeigte sich in den guten praktischen Erfahrungen mit Kunststoffen. Die Reichsbahn, die entschlossen für die Verwendung von Kunststoffteilen eintritt[7]), veröffentlichte die Ergebnisse von Versuchen mit kunststoffisolierten Kabeln in Lokomotiven und mit solchen für Erdverlegung unter erschwerenden Bedingungen[8]). Ebenfalls für die Reichsbahn wurde ein Fernmeldekabel geliefert, dessen Aufbau unter Verwendung von Polyvinylchloriden und Polyisobutylenen sich in durchschnittlichen Verhältnissen vollauf bewährte[9]). Die Kondensatorentechnik fand in dem Styroflex einen Werkstoff, der bei den Vorteilen der foliendünnen Herstellbarkeit und des kleinen Verlustwinkels durch seinen negativen Temperaturkoeffizient zusammen mit anderen Kunststoff-Folien den Ausgleich des Temperatureinflusses möglich macht[10]). Damit ist auch in diesem Punkt der Anschluß an die keramischen Isolierstoffe gewonnen.

Die Technik der anorganischen Isolierstoffe erzielte ebenfalls eine Reihe erfreulicher Fortschritte. Die Glasfadenisolation wurde mit Erfolg nunmehr auch in Rundfunkgeräten benutzt[11]). Durch bituminöse Zusätze konnte ein Isolierbeton hergestellt werden, der wenig Feuchtigkeit aufnimmt und in seinen elektrischen Eigenschaften den Marmor übertrifft[12]). Die Gestaltung der Isolatoren nutzt die hohe Dielektrizitätskonstante keramischer Sondermassen geschickt zur Erhöhung der Überschlagsspannung aus[13]). Die grundlegende Darstellung des gesamten Gebietes der physikalischen Chemie der Silikate[14]) wird die Fortführung auch der elektrischen Teilfragen wesentlich fördern. Die Bildsamkeit keramischer Massen wurde in ihren mineralogischen Voraussetzungen erkannt; das ungeordnet in ein Kupferrohr eingefüllte Pulver kann samt dem eingelegten Kupferstab zu einer hervorragenden Heizleitung ausgezogen werden.

Die Isoliereigenschaften verdichteter Gase fanden eingehende Bearbeitung[15]), was verständlich ist bei den guten konstruktiven Möglichkeiten, die sich hier eröffnen und auch Kabel mit Druckgasfüllung möglich machen[16]). Zusätze von aktiviertem Aluminiumoxyd[17]) und Trockenmitteln [18]) zu Isolierölen erhöhten deren Beständigkeit.

Die Lebenskraft der neuen Isolierstoffentwicklung kommt in der Ausweitung der immer vielseitiger werdenden Prüftechnik zum Ausdruck. Eine umfassende Beschreibung aller einschlägigen Meß- und Prüfverfahren[19]) erleichtert die Einhaltung der wachsenden Zahl von Leitsätzen und Vorschriften. Besondere Aufmerksamkeit fanden die Temperatureigenschaften nicht nur der Kunst-

1) H. Hopff, Kunststoffe 31 (1941) S. 162.
2) W. Krannich, Kunststoffe 31 (1941) S. 118.
3) W. Holzmüller, ETZ 61 (1940) S. 1081.
4) P. Nowak und A. Wolter, ETZ 61 (1940) S. 1062.
5) H. Stäger, ETZ 61 (1940) S. 724.
6) R. Vieweg und H. Klingelhöffer, Kunststoffe 31 (1941) S. 49.
7) W. Höfinghoff, Kunststoffe 31 (1941) S. 1.
8) H. Blatz, ETZ 61 (1940) S. 552.
9) W. Rihl und H. Heering, ETZ 62 (1941) S. 197.
10) L. Linder, ETZ 61 (1940) S. 945 und 969.
11) R. Lee, ETZ 61 (1940) S. 765.
12) M. E. Lambert, ETZ 62 (1941) S. 382.
13) F. Obenaus und F. Steyer, ETZ 61 (1940) S. 793.
14) W. Eitel, Physikalische Chemie der Silikate, Leipzig 1941.
15) W. M. Thornton, ETZ 61 (1940) S. 1157.
B. Gänger, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) S. 701.
16) A. Drigo, Energia elettr. 17 (1940) S. 676.
17) J. E. Housley, ETZ 62 (1941) S. 58.
18) F. M. Clark, Elektrotechn. Ber. 18 (1941) S. 67.
19) R. Nitsche und G. Pfestorf, Prüfung und Bewertung elektrotechnischer Isolierstoffe, Berlin 1940.

stoffe[20]), die in dieser Beziehung Rücksicht erfordern, sondern auch von großen Porzellanisolatoren[21]). Die Klimaprüfung fügt zum Temperatureinfluß den der Feuchtigkeit. Die sorgfältige Bearbeitung ihrer Grundlagen[22]) unter besonderer Beachtung tropischer Verhältnisse läßt die Blickweitung der deutschen Technik erkennen.

Im gleichen Sinn beachten wir die Fortschritte und Sorgen der Isolierstofftechnik in anderen Ländern, in Rußland[23]), Frankreich[24]) und den V. S. Amerika[25]). Der Vergleich gibt uns den stolzen Eindruck, daß trotz der Vordringlichkeit unmittelbarer Kriegsaufgaben die Entwicklung der Isolierstoffe gerade bei uns mit Erfolg vorangetrieben wurde.

[20]) J. J. Smith und J. A. Scott, ETZ 61 (1940) S. 525.
[21]) W. Estorff, ETZ 62 (1941) S. 65.
[22]) W. M. H. Schulze, ETZ 61 (1940) S. 1194.
[23]) Elektrotechn. Ber. 17 (1941) S. 352.
[24]) Kunststoffe 31 (1941) S. 34.
[25]) Elektrotechn. Ber. 16 (1940) S. 152

Die Elektrizität in der Industrie

DK 621.3 : 621.7

Die Elektrotechnik hat im Laufe der Jahre eine Schlüsselstellung innerhalb der Industrie erreicht. Infolge der sich ständig steigernden Anwendung elektrischer Maschinen, Apparate und sonstiger Einrichtungen kann in der gesamten Wirtschaft, insbesondere in der Industrie, kaum noch ein Problem entstehen, an dessen Lösung der Elektroingenieur nicht in mehr oder weniger bedeutsamen Ausmaß beteiligt ist. Hieraus folgt eine schicksalhafte Verbundenheit der Elektrotechnik mit der Industrie. Ihre Aufgaben werden gleichsam zu einem Spiegelbild der Vorgänge, die sich in der Industrie abspielen. Gerade in der heutigen Zeit werden an die Elektrotechnik höchste Anforderungen gestellt.

Die verstärkte Elektrisierung industrieller Betriebe hat es ermöglicht, gleiche Arbeitsvorgänge mit einem geringeren Aufwand an Arbeitsstunden durchzuführen. Diese Entwicklung hat in fast allen Industrien die installierten Kilowatt je Arbeiter gegenüber früher wesentlich gesteigert. Der erhöhte Bedarf elektrischer Energie beim industriellen Fertigungsvorgang zeigt sich in den kWh/t besonders auf den Herstellungsgebieten, auf denen man von der natürlichen zur synthetischen Herstellung übergegangen ist, wie z. B. Buna, Treib- und Textilstoffen. Schließlich kann festgestellt werden, daß die elektrischen Mittel eine wesentliche Leistungssteigerung in zahlreichen Fertigungsvorgängen zur Folge haben. Alle diese Entwicklungen haben in der heutigen Kriegszeit eine erhöhte Bedeutung erhalten. Ihre Ausnutzung gestattet es, Arbeitskräfte zu sparen und damit die Wehr- und Schaffenskraft des Volkes zu erhöhen. Beispiele hierfür sind die Elektrisierung im Kohlen- und Erzbergbau und die Steigerung der Förderleistung unserer Gruben. Außer der Gewinnung ist auch der Transport von Gütern durch elektrische Mittel verbessert und erleichtert worden. Auf dem Gebiet der Werkzeugmaschinen wird die Erhöhung der Leistung und die Einsparung von Arbeitskräften besonders deutlich. Ein Beispiel hierfür sind die elektrischen Fühlersteuerungen. Diese brachten für die Gesenkherstellung auf Nachform-Fräsmaschinen die Möglichkeit, selbsttätig durch Abtasten eines Modells Formen auch komplizierter Art ohne hochwertige Fachkräfte mit höchster Genauigkeit herzustellen (Bild 1). Elektrowerkzeuge verschiedenster Art entlasten den Arbeiter und steigern seine Leistungen. Dem gleichen Ziele dienen Steuerungs- und Überwachungseinrichtungen, Leuchtwarten, Nachrichten- und Rufanlagen aller Art.

Bild 1. Nachform-Fräsmaschine mit elektrischer Fühlersteuerung.

In dem gleichen Maße wie die Elektrisierung der Verbraucherseite zunimmt, wachsen die Anforderungen hinsichtlich der Energieerzeugung und Energieversorgung. Es entstanden Industriekraftwerke, deren Leistungen bis auf mehrere 100 000 kW gestiegen sind und die in dieser Größenordnung den Kraftwerken der öffentlichen Stromversorgung nicht mehr nachstehen. In ähnlicher Weise wuchsen die Aufgaben, die an die Verteilungsmittel innerhalb der einzelnen Industriewerke gestellt wurden. Höhe der Leistung und Größe der räumlichen Ausdehnung beanspruchten vielfach das elektrotechnische Gerät bis an die Grenze und führten zu stetiger Weiterentwicklung.

Mit der wachsenden Bedeutung der Elektrotechnik werden auch die Gesamtplanungen der industriellen Anlagen von der elektrotechnischen Seite her in immer höherem Ausmaß beeinflußt. Die Zusammenhänge zwischen Elektrizitäts- und Wärmewirtschaft, die Lage der Kraftwerke, der Verteilungs- und Schaltstationen, die Anordnung der Verteilungsnetze und die Gestaltung der Überwachungs- und Steueranlagen üben von vornherein einen bestimmenden Einfluß beim Aufbau eines neuen Industriewerkes aus. Die im Zuge des Vierjahresplanes errichteten Werke geben hierfür Beispiele.

Dieser allgemeinen Entwicklung entsprechen Fortschritte auf allen Gebieten des Elektromaschinen- und Apparatebaues. Es seien hier nur einige Beispiele genannt: Für elektrothermische und elektrochemische Vorgänge werden Lichtbogenöfen mit wesentlich erhöhten Leistungen erstellt (Bild 2). Auf dem Gebiet der Stromrichter konnten pumpenlose Gefäße bis in den Bereich der Großanlagen vordringen. Neuartige Konstruktionen

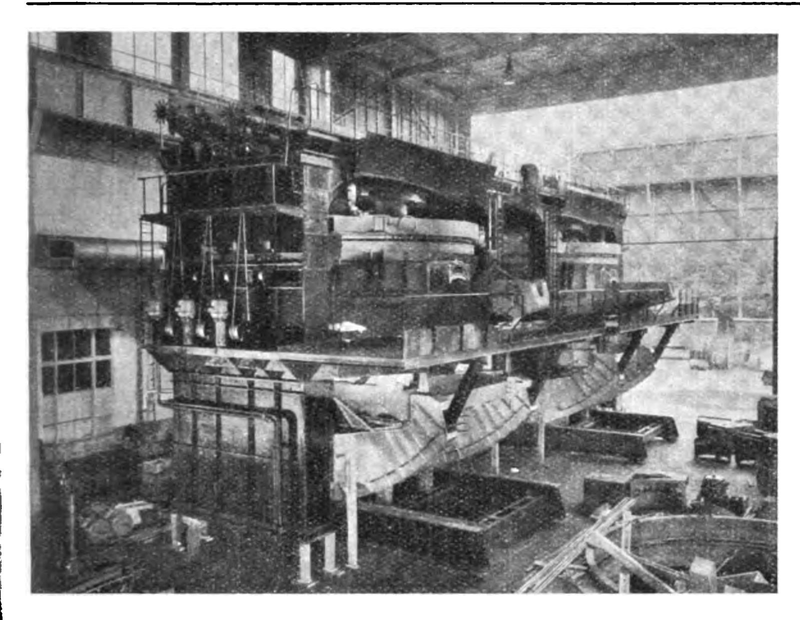


Bild 2. Lichtbogenstahlofen für 40 bis 60 t Einsatz, 12000 kVA Anschlußleistung.

brachten den Stromrichtern erweiterte Anwendungsgebiete. Auch dem Elektromaschinenbau fielen wieder besondere Aufgaben zu. Es wurde ein Walzenstraßenantrieb von 700 mt in Arbeit genommen. Schnellaufende Drehstrommotoren, die für Gebläseantriebe verwendet werden, haben mit zweipoligen Kurzschlußläufern die 5000 kW-Grenze überschritten. Die Leistungssteigerung der Verteilungsanlagen zwang zur Ausführung von Hochspannungsschaltern für 1 000 000 kVA Abschaltleistung auch bei einer Spannung von 10 kV. Der Erhöhung der Sicherheit und der rationellen Betriebsführung dienten die auch in diesem Jahre laufenden Arbeiten an der weiteren Ausgestaltung der VDE-Vorschriften und -Normen.

So entstehen für die Elektrotechnik einerseits immer neue Aufgaben aus der Industrie, anderseits werden in den Forschungsstätten und Werken immer wieder neue Mittel und neue Möglichkeiten geschaffen.

Elektrowärme

DK 621.365

Industrielle Elektrowärme

Die Entwicklung ist in gleicher Weise durch Fortschritte im Elektroofenbau wie durch schnell steigende Anwendung der Elektrowärme gekennzeichnet. Die Fortschritte im Elektroofenbau bestehen weniger in der Entwicklung neuartiger Öfen, als in dem Anwachsen ihrer Abmessungen, in Verbesserungen ihres konstruktiven Aufbaues und in der Verwendung neuartiger Werkstoffe. Die umfangreiche Anwendung ist, wie in den vorhergehenden Jahren, in erster Linie durch die Anforderungen des Vierjahresplanes und der Rüstung sowie die Bemühungen um Arbeitsersparnis, Leistungs- und Gütesteigerung bei zahlreichen Herstellungsverfahren, insbesondere der Leicht- und Schwermetallindustrie, bedingt.

Bemerkenswert ist die Entwicklung auf dem Gebiet der Verbundmetalle (auch als pulvermetallurgische oder metallkeramische Werkstoffe bezeichnet), deren Herstellung im allgemeinen nur durch Elektrowärme möglich ist. Da die Herstellung solcher Werkstoffe vorwiegend an die Verwendung einer geeigneten Schutzgasatmosphäre gebunden ist, hat die Pulvermetallurgie auf die Entwicklung von mit Schutzgas betriebenen Elektro-Spezialöfen starken Einfluß ausgeübt.

Auf Grund 10jähriger Betriebserfahrungen mit Hochfrequenz-Stahlschmelzöfen hat sich der kernlose Induktionsofen mit wassergekühlter Spule am betriebssichersten erwiesen. Bei den Umformern hat man die ältere, schwerere Ausführung in Vierlagerform, bei der Motor und Generator durch eine Kupplung miteinander verbunden waren, verlassen und ist zur Zweilagermaschine übergegangen. Der luftgekühlte Kondensator hat sich als betriebssicherer erwiesen und verdrängt den wassergekühlten Kondensator mehr und mehr. Da die volle Generatorleistung nur während des Einschmelzens benötigt wird, nach Verflüssigung des Einsatzes dagegen nur etwa 30 % der verfügbaren Energie erforderlich sind, schließt man vielfach zwei Öfen, die gleichzeitig betrieben werden, an einen Generator an. Unter der Voraussetzung, daß die Art der Erzeugung entsprechende Feinungszeiten bedingt, ergibt sich eine Steigerung der Erzeugung von 80 bis 90 %[1]). Ein neu entwickelter feststehender Induktionsofen mit Bodenabstich ermöglicht wegen des Fortfalls der Kippeinrichtung eine Energieersparnis von etwa 10 %.

Niederfrequenz-Induktionsöfen zum Schmelzen von Aluminium und Aluminiumlegierungen sind durch verbesserte Gestaltung der Schmelzrinnen und durch Wahl geeigneter Ofenrinnen betriebssicherer und wirtschaftlicher geworden und setzen sich wegen ihres geringeren Abbrandes auch gegenüber elektrischen Herdschmelzöfen immer mehr durch. Durch eine Kondensatorenbatterie läßt sich der bei solchen Öfen beim Schmelzen von Leichtmetallen schlechte $\cos\varphi$ auf 0,8 bis 0,85 verbessern[2]). Die Temperaturdifferenz zwischen Rinne und Bad konnte durch Verbreiterung und besondere Formgebung der Rinne bei dem sogenannten Doppelherdofen auf etwa 30 ° vermindert werden. Wegen der bedeutenden Vorteile dieser Öfen erwägt man in der Leichtmetallindustrie die Aufstellung größerer Einheiten von 6 t Fassungsvermögen, während sich für die Eisengießereiindustrie bereits Einheiten von 20 t im Bau befinden. Alle Anzeichen deuten darauf hin, daß der Niederfrequenz-Induktionsofen, nachdem er sich auf den Gebieten der Kupfer-, der Aluminium- und der Eisenlegierungen wegen der sicheren Beherrschung des Schmelzbetriebes eine bedeutende Stellung verschafft hat, dies auch auf dem Gebiet der Zinklegierungen erreichen wird. Auch bei Zinkschmelzöfen ist eine eigens den Bedingungen des Zinkschmelzens angepaßte Schmelzrinnenform zu verwenden, wegen der ungünstigen Phasenverschiebung wird auch hierbei zweckmäßigerweise eine Kondensatorenbatterie angeordnet. Geringer Abbrand, sichere Beherrschung der Schmelz- und Gußtemperatur sowie genaue Einhaltung der Legierungszusammensetzung ermöglichen es, die Mängel der Weltkriegslegierungen nicht wieder aufkommen zu lassen.

Im Widerstandsofenbau ist auf die zunehmende Verwendung nickelarmer und nickelfreier Heizleiterstoffe sowie auf den Bau einiger neuartiger und einiger besonders großer Öfen hinzuweisen. So wurden z. B. ein Drehherdofen mit Kippbechern zum Härten von Kleinteilen[3]), Drehherdöfen mit Luftumwälzung[4]), ein Förderbandofen zum Hartlöten unter Schutzgas u. a. m. entwickelt. An Öfen bisher nicht bekannter Abmessungen sind Schachtöfen mit Nutzräumen bis zu 7 m Tiefe, einem Durchmesser von 3,8 m und Anschlußwerten bis zu 500 kW zum Vergüten von

[1]) Schwedler, Aluminium, Berl. 22 (1940) S. 299.

[2]) Dörrenberg und Bottenberg, Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 116.

[3]) Herbst, ETZ 61 (1940) S. 199.

[4]) Dicks u. Kistermann, Elektrowärme 10 (1940) S. 35.

Leichtmetall, ein Umluft-Haubenofen mit einem Durchmesser von 4,7 m und einem Anschlußwert von 360 kW sowie Rollöfen für Leichtmetallblöcke mit Herdlängen bis zu 10 m und Durchsatzleistungen von 3000 kg/h zu erwähnen. Ferner sind feststehende Herdschmelzöfen für Leichtmetalle mit einem Fassungsvermögen von 15 t im Bau[5]).

Auch die elektrische Heizung von Maschinen und die Verwendung elektrischer Heizeinrichtungen nimmt immer mehr zu. Dies gilt neuerdings für Wasch- und Bürstmaschinen für Bleche, Lackier- und Trockentrommeln für Kleinteile, Maschinen und Geräte für die Verarbeitung von Papier, Holz, Kunststoffen usw. Die lebhafte Entwicklung auf diesem Gebiet eröffnet gute Zukunftsaussichten.

Haushalt-Elektrowärme

Es gibt wenige elektrische Geräte, bei denen derartig umfangreiche Umstellungsarbeiten auf Heimstoffe durchgeführt werden mußten und in außerordentlich kurzer Zeit auch durchgeführt wurden, wie auf dem Gebiete der Haushaltelektrowärme. Ebenso sind die Bemühungen, den Werkstoffanteil je Gerät weitgehend herabzusetzen, durchgeführt. Dabei sind die Bauformen weitgehend vervollkommnet. Praktisch wird auf dem Gebiete der Haushaltelektrowärme (Bügeleisen, Wasserkocher, Bratöfen, Elektroherde usw.) heute ohne Nickel, ohne Glimmer und ohne Asbest[6]) gearbeitet. Der Versuch, die Qualität der offenen Glühkochplatten durch Neukonstruktionen (Keramik-Glühkochplatte)[7]) zu heben, ist als geglückt zu bezeichnen.

In den Bestrebungen, auch bei elektrischen Lötkolben mehr Heimstoffe einzusetzen, sind Fortschritte erzielt worden. Die Kupferstücke werden jetzt vernickelt und gewichtsmäßig leichter gestaltet. Je nach Kolbengröße und nach der Arbeit können auf diese Weise in vergleichbarem Zeitraum zwei bis vier Kupferstücke in der früheren Ausführung durch ein Kupferstück in dieser neuen Ausführung ersetzt werden. In den letzten Jahren sind an vielen Stellen die Tauchlötbäder besonders beliebt geworden.

Das Problem der Beheizung von Luftschutzräumen hat zur Entwicklung einer Vielzahl von neuen Modellen elektrischer Öfen geführt. Von der Keramik wurde dabei in erheblichem Umfange Gebrauch gemacht. Um die Anschlußfrage zu erleichtern, hat der VDE-Ausschuß für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V Erleichterungen für die Installation elektrischer Beheizung behelfsmäßiger Luftschutzräume für die Zivilbevölkerung geschaffen. Auf dem allgemeinen Gebiete der elektrischen Raumbeheizung wurden weitere Fortschritte erzielt. Von Interesse ist die Entwicklung der Raumbeheizung mittels Stuwaplatten, die entweder als Täfelung an der Wand oder in der gleichen Art an der Decke angebracht werden. Die flache Konstruktion der Platte macht es möglich, durch Zwischenlagen von Isolierschichten eine unnütze Wärmeabgabe an die Wand zu verhindern. Die Temperaturen der Heizoberfläche liegen zwischen 40 bis 50 °C. Ferner ist die Entwicklung der elektrischen Luftheizgeräte[8]) zu erwähnen. Diese bestehen aus einem Gehäuse, in dessen unterem Teil ein Elektromotor mit Schraubenradlüfter eingebaut ist. Der Lüfter saugt die Raumluft durch Lufteintrittsstutzen an und leitet den Luftstrom über die in der Mitte des Gerätes eingebauten elektrischen Heizkörper (meistens Rohrheizkörper). Die an diesen Heizkörpern erwärmte Luft tritt durch verstellbare Jalousieklappen aus. Der Technik der Haushaltelektrowärme sind durch das große Wohnungsbau- und Siedlungsprogramm des Führers und den dringendsten Investitutionsbedarf der deutschen Landwirtschaft nach dem Kriege weitere riesige Aufgaben gestellt. Die große Masse besonders der bäuerlichen Betriebe, die bisher mit den Fortschritten der Technik nicht Schritt halten konnte, mit allen Mitteln der Technik auszurüsten, ist eine Notwendigkeit. Neben der Modernisierung der Gebäude usw. ist die Ausstattung der Innenwirtschaft mit arbeitsparenden Einrichtungen, insonderheit auch Geräten der Haushaltelektrowärme zur Erleichterung der Hausfrauenarbeit von größter Wichtigkeit.

Auf dem Gebiete der elektrischen Haushaltherde sind zur Bewältigung der Aufgaben des Siedlungsprogrammes und der Anforderungen der Landwirtschaft erhebliche Vorarbeiten geleistet. Die Arbeiten für Dauerbrandherde aus Stahlblech mit Elektro-Kohleteil[9]) sind erfreulich weiter gediehen und für die normalen Siedlungsbauten beendet. Die Entwicklung von entsprechenden größeren Herden für die Landwirtschaft ist in Angriff genommen.

Die Erweiterung der Bau-, Güte- und Prüfbestimmungen der Reichsarbeitsgemeinschaft für Wärmewirtschaft auf Kachelherde hat den Arbeiten auf dem Gebiete der Elektro-Einbauherde in Kachelherde neuen Auftrieb gegeben. Mit den neuesten elektrischen Hausbacköfen[10]) kann man ein Pfund Brot mit $^1/_{10}$ kWh backen. Außer den elektrischen Brotbacköfen für die einzelnen bäuerlichen Familien haben die Gemeinde-Brotbacköfen zunehmenden Eingang gefunden. Auf dem Gebiete der elektrischen Warmwasserversorgung wird lebhaft weiter gearbeitet. Die Erfahrungen, die mit Elektro-Heißwasserspeichern mit Hartporzellaninnenbehältern[11]) gemacht wurden, sind als sehr gut zu bezeichnen. Auch auf diesem Gebiete stellen das Siedlungsprogramm und die Erfordernisse der Landwirtschaft ganz besondere Aufgaben.

Bei den flexiblen Elektrowärmegeräten sind viele Neuerungen durchgeführt. Erfreuliche Fortschritte verzeichnen die elektrischen Kinderkochherde.

---

5) Kistermann, Elektrowärme 10 (1940) S. 217.
6) ETZ 61 (1940) S. 222, 223.
7) ETZ 61 (1940) S. 223.
8) ETZ 60 (1939) S. 282; 61 (1940) S. 270.
9) ETZ 61 (1940) S. 222.
10) ETZ 61 (1940) S. 61.
11) ETZ 61 (1940) S. 222.

Lichttechnik

DK 535.2+.7+621.32+628.9

In dem Berichtsabschnitt (Juni 1940 bis Mai 1941) sind eine Reihe von Ereignissen zu verzeichnen, die für die allgemeine Entwicklung der Lichttechnik in Deutschland bedeutsam sind. In zeitlicher Aufeinanderfolge ist zuerst die in Form von sechs Teiltagungen in Berlin, Danzig, Kattowitz, Wien, Stuttgart und Essen durchgeführte 28. Jahrestagung der DLTG[1]) zu erwähnen, die unter dem Leitgedanken „Das Licht im Dienste des Menschen"[2]) stand. Die Berliner und Wiener Teiltagungen sollten zudem im besonderen die sich immer mehr vertiefende Zusammenarbeit von Architekt und Lichttechniker[3])...[6]) fördern. Auch die Pflege der Nachwuchsausbildung[7])[8]) sowie die Arbeiten zum weiteren Ausbau des lichttechnischen Normenwerkes[9]) gehören in diesen Zusammenhang. Das zweite bemerkenswerte Er-

---

1) Licht 10 (1940) S. 192
2) R. G. Weigel u. O. H. Knoll, Licht 10 (1940) S. 195.
3) W. Arndt, Licht 10 (1940) S. 203.
4) W. Büning, Licht 10 (1940) S. 201.
5) S. Theiss, Licht 10 (1940) S. 221.
6) C. G. Klein, Licht 11 (1941) S. 25.
7) Licht 10 (1940) S. 226.
8) H. Schober, Licht 10 (1940) S. 237.
9) Th. Sprick, Licht 11 (1941) S. 43.

eignis ist die Herausgabe des vom Hauptausschuß „Gutes Licht" beim Amt „Schönheit der Arbeit" der DAF bearbeiteten Kataloges für die Beratungsstellen „Gutes Licht" über Innenraum-Zweckleuchten[10]), der als Wegbereiter einer neuartigen Zusammenarbeit der Beleuchtungsindustrie bezeichnet werden kann. Das dritte Ereignis dieser Art ist die Gründung des Deutschen Farbenausschusses[11]) und die gleichzeitig durchgeführte DLTG-Farbentagung[11]) im Harnack-Haus zu Berlin. Abschließend sind ferner die eingeleiteten Arbeiten zur Schaffung einer einheitlichen Sprache der Lichttechnik zu nennen, die mit der Aufstellung einer Stoffgliederung der Lichttechnik als Grundlage einer in der Folge von der DLTG herauszugebenden Fachbuchreihe „Die Lichttechnik in Einzeldarstellungen"[12]) begonnen wurden und die zur Gründung des Fachnormenausschusses „Lichttechnik" beim Deutschen Normenausschuß geführt haben.

Auf dem Gebiet der Leuchttechnik sind zwei neue Lampen entwickelt worden, denen in der Folgezeit erhebliche Bedeutung zukommen wird. Nach den Leuchtstoffröhren für Hochspannung[13]) ist es nunmehr gelungen, Leuchtstoff-Lampen in Röhrenform für Netzspannung zu entwickeln, bei denen eine sinnreiche Vorrichtung die Zündung der Lampen bei Wechselspannung von 220 V sichert[14])[15])[16]). Ähnlich wie bei dem Natrium-Mischlicht[17]) hat man auch bei den Quecksilber-Hochdrucklampen versucht, das Vorschaltgerät gewissermaßen durch eine Glühlampe zu ersetzen, und so entstand die Quecksilber-Mischlichtlampe HWA 500, bei der Gasentladungsbrenner und Glühwendel in Reihe geschaltet und in einem Kolben untergebracht sind[18])[19]). Auch hier sind der Vorteil der sofortigen Lichtabgabe nach dem Einschalten und die Rohstoffersparnis durch Fortfall der Drossel besonders bemerkenswert. Auf dem Gebiet der Glühlampen wurde für Straßenbahnen eine neue Lampe entwickelt, bei der durch hörnerartige Gestaltung der Elektroden die Bildung eines Lichtbogens beim Durchbrennen einer Lampe, wie er bei den Betriebsbedingungen der Straßenbahn auftreten kann, verhindert wird[20]).

Auf dem Gebiet der Beleuchtungstechnik tritt mehr und mehr die durch den Hauptausschuß „Gutes Licht" beim Amt „Schönheit der Arbeit" der DAF gelenkte Arbeit in Erscheinung, die durch die derzeitige Neuordnung im Leuchtenbau darauf hinzielt, die Typen zu beschränken und einheimische Werkstoffe zu verwenden[21])[22])[23]). Besonders hingewiesen sei hier auch auf den Beschluß der im Wirtschaftsverband der Elektro-Beleuchtungsindustrie als Verband der Firmen mit lichttechnischem Laboratorium zu einer eigenen Arbeitsgruppe zusammengeschlossenen Firmen, allen ihren Beleuchtungsprojekten die Anforderungen des Normblattes DIN 5035 zugrunde zu legen und sie dementsprechend zu kennzeichnen[24]). — Zur Frage der Luftschutzbeleuchtung erschien eine Arbeit des Lichttechnischen Instituts der TH. Karlsruhe, bei der die Wahrnehmungsschwelle, d. h. die Frage, welche Leuchtdichte muß ein Lichtreiz unter gegebenen Nebenbedingungen erhalten, damit ein Sehding eben wahrgenommen werden kann, untersucht wurde[25]). Untersuchungen über die empfindungsgerechte Bewertung der für das Gebiet des Luftschutzes in Frage kommenden kleinen Helligkeiten mit den neuen Einheiten der Dunkelleuchtdichte und der Dunkelbeleuchtungsstärke wurden fortgesetzt bzw. abschließend behandelt[26])[27]). Zwei weitere Arbeiten[28])[29]) befassen sich mit der Sehschärfe des Auges unter den verschiedensten Wahrnehmungsbedingungen. Für die Kraftfahrzeughalter ist die Bestimmung wichtig, daß auch nach dem Kriege sowohl der Tarneinsatz als auch der Wehrmachtstarnscheinwerfer zugelassen sind[30]). Aus den anderen Gebieten der Beleuchtungstechnik seien nur noch folgende Arbeiten genannt, die den militärischen Bogenlicht-Scheinwerfer[31]) und die lichttechnischen Bedingungen im Bergbau[32])[33]) behandeln; ferner die jüngste Arbeit des Leiters des Beleuchtungstechnischen Instituts der TH. Berlin über das Kunstlicht im Innenraum[34]) sowie zwei ältere Arbeiten über die Berechnung des natürlichen Tageslichtes[35])[36]).

Für das Gebiet der Lichtmessung ist ausschlaggebend, daß mit Wirkung vom 1. Januar 1941 die „Neue Kerze" als internationale Einheit der Lichtstärke eingeführt worden ist[37])[38])[39]). Ferner wurden einige Fragen der Ulbrichtschen Kugel[40])[41]) sowie insbesondere die Messung farbiger Lichter [42])[43]), vor allem die von Gasentladungslampen[44])[45])[46]), weiter studiert und entwickelt. Wie die früheren Unsicherheiten sowohl in der Bestimmung wie in den physiologischen Grundlagen der internationalen Augenempfindlichkeitskurve (IBK-Kurve) überwunden werden konnten, wurde zusammenfassend und nunmehr wohl abschließend dargestellt[47]).

Schließlich mögen auch die während des Krieges weitergeführten technisch-wissenschaftlichen Arbeiten der DLTG-Fachausschüsse[48]) erwähnt werden, sowie von der Buchliteratur die beiden ausgezeichneten Neuerscheinungen von M. Richter über die Farbenlehre[49]) und N. Riehl über die Lumineszenz[50]).

Auf dem Gebiet der Lichttechnik hat sich die deutsche Forschung und Technik gegenüber dem Ausland ihre führende Stellung bewahrt. Dies spiegelt sich auch in der ausländischen Literatur wider, die weder auf leuchttechnischem noch auf beleuchtungstechnischem Gebiet über grundlegende Neuerungen gegenüber der Entwicklung in Deutschland berichtet.

---

[10]) Licht 10 (1940) S. 227.
[11]) M. Richter, Licht 11 (1941) S. 63 (Sonderheft Die Farbe).
[12]) W. Köhler, Licht 10 (1940) S. 256.
[13]) ETZ 61 (1940) S. 635.
[14]) A. Rüttenauer u. E. Summerer, Licht 11 (1941) S. 10.
[15]) A. Rüttenauer, Licht 11 (1941) S. 4.
[16]) L. Weiss, ETZ 62 (1941) S. 260.
[17]) ETZ 61 (1940) S. 365.
[18]) S. Bahrs u. K. Larché, Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 208.
[19]) K. Larché u. E. Summerer, Licht 10 (1940) S. 172.
[20]) W. Heiss, Verkehrstechn. 21 (1940) S. 269.
[21]) H. Fuchs, Licht 10 (1940) S. 22.
[22]) W. Hartel, Licht 10 (1940) S. 141, 165, 190, 214, 232.
[23]) R. G. Weigel u. O. H. Knoll, Licht 10 (1940) S. 32.
[24]) W. Kircher, Licht 10 (1940) S. 105.
[25]) R. G. Weigel u. O. H. Knoll, Licht 10 (1940) S. 179.
[26]) W. Arndt, Licht u. Lampe 29 (1940) S. 293, 309.
[27]) A. Dresler, Licht 10 (1940) S. 112, 118, 146.
[28]) H. Siedentopf, Licht 11 (1941) S. 35.
[29]) B. Schönwald, Licht 11 (1940) S. 15.
[30]) Licht 10 (1940) S. 255.
[31]) W. Rohloff, ETZ 61 (1940) S. 389.
[32]) L. Schneider, Licht 10 (1940) S. 128.
[33]) H. Bohnhoff, Licht 10 (1940) S. 133.
[34]) W. Arndt, ETZ 62 (1941) S. 477.
[35]) W. Arndt, Licht 10 (1940) S. 13.
[36]) R. Rühle, Licht 10 (1940) S. 16 u. 60.
[37]) H. Willenberg, Phys. Z. 40 (1939) S. 391.
[38]) W. Köhler, Licht 10 (1940) S. 175.
[39]) Gas- u. Wasserfach 84 (1941) S. 80.
[40]) R. G. Weigel u. O. H. Knoll, Licht 10 (1940) S. 208.
[41]) W. Voege, Licht u. Lampe 29 (1940) S. 377, 397 u. 417.
[42]) M. Richter, Angew. Chem. 53 (1940) S. 215.
[43]) W. Olbers, Licht 10 (1940) S. 229, 255.
[44]) P. J. Oranje, Philips techn. Rdsch. 5 (1940) S. 178.
[45]) A. Dresler u. F. Rössler, V-8255-1 Arch. techn. Messen Lieferung 110/1940.
[46]) J. Rieck, Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 184.
[47]) A. Dresler, Naturwiss. 29 (1941) S. 225.
[48]) Licht 10 (1940) S. 217.
[49]) M. Richter, Grundriß der Farbenlehre der Gegenwart, Theod. Steinkopff, Dresden und Leipzig 1940.
[50]) N. Riehl, Physik und technische Anwendung der Lumineszenz, Julius Springer, Berlin 1941.

Elektrisches Nachrichtenwesen

1. Fernsprechwesen

DK 621.395

Dank der Planwirtschaft und der Entwicklung in den letzten Jahren konnte das deutsche Fernsprechwesen seine Bewährungsprobe im vergangenen Jahr bestehen.

Als im Frühjahr 1940 die deutsche Wehrmacht zu ruhmreichen Kämpfen in Norwegen, Holland, Belgien und Frankreich antrat und die Engländer vom Festland vertrieb, stellte die deutsche Nachrichtentruppe im Feuer der weichenden Feindheere viele und zuverlässige Fernsprechverbindungen her, die für die Führung über weite Räume notwendig waren. Die Fernsprecheinrichtungen in den besetzten Gebieten, die von den Feindtruppen teils unbrauchbar gemacht, teils gründlich zerstört worden waren, sind von besonderen Einsatztrupps der Deutschen Reichspost, die der kämpfenden Truppe unmittelbar folgten, so schnell instandgesetzt worden, daß sie teilweise noch während der Kampfhandlungen wieder verwendet werden konnten.

Zu dem Gelingen der geschichtlichen Ereignisse und der großen militärischen Erfolge trug in der Heimat das deutsche Fernsprechnetz bei. Unter vollem Einsatz von Mensch und Material war es möglich, nicht nur den guten Übertragungszustand des Netzes aufrechtzuerhalten, sondern auch begonnene Bauvorhaben fortzusetzen und zu vollenden. Darüber hinaus sind entsprechend den außerordentlichen Anforderungen des Krieges zahlreiche neue Aufgaben in Angriff genommen worden; besonders gilt dies für die zurückgewonnenen Gebiete Elsaß, Lothringen, Luxemburg, Deutscher Osten, in denen wir teilweise Fernsprechanlagen vorfanden, die unseren Ansprüchen an Wirkungsweise und Umfang durchaus nicht entsprechen.

Einige Orts-Fernsprechämter für den Wähldienst sind neu eingerichtet, andere erweitert worden; außerdem mußten mehrere Fernämter erweitert und verschiedene erneuert werden. Zur leitungsmäßigen Zusammenfassung von mehreren Teilnehmeranschlüssen wird der Gemeinschaftsumschalter[1]) von jetzt ab in erheblichem Umfang verwendet werden. Dem gleichen Zweck dient der Wählsternschalter[1]), dessen Entwicklung beendet worden ist, so daß praktische Versuche bereits eingeleitet werden konnten.

Das deutsche Fernkabelnetz, das die Voraussetzung für das Fernsprechen über weite Entfernungen bildet, wurde weiter ausgebaut. Die Bestrebungen, devisengebundene Rohstoffe durch heimische Werkstoffe zu ersetzen, sind trotz zahlreicher anderer Aufgaben mit Erfolg betrieben worden[2])[3]). Als Beispiel möge hier genügen, das Breitbandkabel zu erwähnen, bei dem in den letzten fünf Jahren die Metallmenge von 1166 kg/km auf 187 kg/km und die Devisenkosten von 302 RM/km auf 33 RM/km gesenkt werden konnten[4]).

In der Verstärkertechnik nahm die Mehrfachausnutzung der Leitungen mit Hilfe von Trägerfrequenzströmen weiter zu. Während bisher vor allem die Fernkabelleitungen mit den bekannten Trägersprecheinrichtungen (Zweiband, Vierband, Zwölfband und Vielband) ausgerüstet wurden, konnten die Fernsprechverbindungen mit dem befreiten Osten zunächst durch den Einsatz von zahlreichen Trägersprechgeräten auf Freileitungen sofort vermehrt werden. Für die Stromversorgung in Verstärkerämtern wurden an Stelle der umlaufenden Maschinen mehr und mehr Gleichrichter verwendet[5]). Hierzu haben besonders die Trockengleichrichter beigetragen, die folgende Vorteile aufweisen: geringer Raum- und Rohstoffbedarf, lange Lebensdauer und geringe Wartung[6]).

DK 621.39

Für den Fernsprechdienst Berlin – New York, der vor dem Krieg über London abgewickelt wurde, steht jetzt eine unmittelbare Funksprechverbindung zur Verfügung, die am 10. April 1940 in Dienst gestellt worden ist. Neben den Verbesserungen im Hochfrequenzteil sind solche auch bei den niederfrequenten Einrichtungen bemerkenswert. Die Verwendung von selbsttätigen Amplitudenreglern und neuen sprachgesteuerten Rückkopplungssperren hat den Abstand zwischen Sprach- und Störpegel erhöht und die Übertragungsgüte verbessert[7]). Weitere unmittelbare Funksprechverbindungen sind außerdem zwischen Berlin und Kabul (9. 5. 1940) sowie zwischen Berlin und Madrid (15. 7. 1940) eingerichtet worden.

2. Telegraphie

DK 621.394

Die Ereignisse der letzten Zeit, die Ausweitung des Versorgungsbereiches, die erhöhte Inanspruchnahme des öffentlichen Telegraphendienstes und die wachsende Bedeutung des Fernschreibens für Private und Sondernetze haben hohe Anforderungen auf dem Gebiet der Telegraphie gestellt.

In der Übertragungstechnik haben sich für vorübergehende oder eilige Einrichtung von Übertragungsstellen die hierfür entwickelten fahrbaren Wechselstrom-Telegraphie(WT)-Anlagen mit eigener Stromerzeugung und schnellaufstellbare WT-Anlagen mit Trockengleichrichtern für Netzanschluß bestens bewährt. Die weitere Einsatzfähigkeit der WT wurde durch Entwicklung von Einrichtungen für Zweidrahtbetrieb gefördert. Durch die Einbeziehung kabelarmer Gebiete in den Versorgungsbereich ist die Übertragungstechnik für stärkere Leitungsbündel auf Freileitungen von besonderer Bedeutung geworden. Die Bedingungen für den Einsatz der WT unmittelbar auf Freileitungen und in Kanälen von Trägerfrequenz-Fernsprecheinrichtungen werden z. Z. untersucht, und der Einsatz von trägerfrequenten Mehrfach-Telegraphiesystemen[8]) ist in Vorbereitung.

Zur Sicherung des Betriebes in wichtigen Verbindungen wurde als weiteres Meßgerät ein Leitungsüberwachungsgerät für die WT entwickelt und in den Betrieb eingeführt, mit dem es möglich ist, Leitungsunterbrechungen, Fremdspannungen und Pegelschwankungen auf den WT-Leitungen ihrer Zahl, Dauer und Größe nach laufend und selbständig festzustellen. Das Gerät dient insbesondere dazu, versteckte und selten auftretende Fehler dieser Art zu erfassen und so weit zeitlich und örtlich einzugrenzen, daß ihre Auffindung und Beseitigung leicht durchzuführen ist. Zur Erreichung dieses Zweckes werden die Geräte auf den Endämtern und am Eingang und Ausgang der Verstärkerämter eingeschaltet, so daß aus ihren Aufzeichnungen zu erkennen ist, auf welchem Leitungsabschnitt oder in welchem Verstärkeramt die Fehler auftreten. Zur Messung der Störungen wird die bei der WT vorgesehene Überwachungsfrequenz verwendet, deren Pegel an den Meßorten in Abhängigkeit von der Zeit durch einen schreibenden Strommesser laufend aufgezeichnet wird. Durch drei mechanische Zählwerke werden außerdem die auftretenden Unterbrechungen gezählt und Eigenstörungen des Geräts durch Ausfallen der Heiz- und Anodenspannung und der Telegraphierbatterie ermittelt und dadurch Fehler bei der Aus-

---

1) Pietsch, Jahrbuch des elektrischen Fernmeldewesens (1939) S. 222.
2) Kotitschke, ETZ 61 (1940) S. 1099.
3) Mentz, ETZ 61 (1940) S. 1131.
4) Keutner, Europ. Fernsprechdienst (1940) H. 56, S. 181.
5) Artus u. Schultze, Europ. Fernsprechdienst (1940) H. 56, S. 192.
6) Werner, ETZ 61 (1940) S. 37.
7) Schreiber u. Kapanke, Veröffentlichungen auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik (1939) H. 4, S. 49.
8) H. Fülling und H. Pretzsch, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 29 (1940) S. 345.

wertung der Aufzeichnungen vermieden. Durch einen Wecker können die Störungen auch akustisch gemeldet werden, so daß ihnen bereits im Augenblick ihres Auftretens sogleich nachgegangen werden kann.

Im Teilnehmer-Fernschreibnetz[9]) ergaben sich bei den ersten Schaltungen daraus Schwierigkeiten, daß die Telegraphenfernleitungen eine Zeichenübermittlung mit nur zwei verschiedenen Stromarten (Trenn- und Zeichenstrom) zulassen und sich so die Telegraphiestromstöße weder nach Stromart noch — bei Verwendung der üblichen Nummernscheiben — nach Zeitdauer von den Wählstromstößen unterscheiden lassen. Es konnte deshalb unter gewissen Umständen vorkommen, daß nach teilweiser Auslösung einer Verbindung durch eine Störung die Telegraphiezeichen des gerade schreibenden Teilnehmers als Wählstromstöße auf die Wähler wirkten und sie zu einer Falschverbindung einstellten. Dieser Mangel ist in einer neuen Schaltung in der Weise behoben worden, daß man bei Eintritt einer Teilauslösung stets die Vollauslösung der Verbindung erzwingt und so auf jeden Fall die Teilnehmer am Weiterschreiben hindert. Im Frühjahr 1940 ist die Umstellung des Fernschreibnetzes auf diese neue Schaltung und gleichzeitig hiermit seine Erweiterung durch Vergrößerung der alten und Bau neuer Ämter in Angriff genommen worden.

Im Rahmen der Arbeiten zur Werkstoffumstellung und Normung in der Apparattechnik sind u. a. der Springschreiber und Siemens-Hell-Schreiber[10]) technisch z. T. wesentlich verbessert und aufbaumäßig vereinfacht worden. Andere Werkstoffuntersuchungen bezogen sich auf Kontakte und Magnete sowie auf Papier für Streifen- und Blattschreiber.

Die Umstellung von Verbindungen des öffentlichen Telegraphendienstes mit älteren Apparatsystemen oder Fernsprecher auf Springschreiberbetrieb wurde planmäßig weitergeführt. Der Telegrammaufnahmedienst ist durch Entwicklung eines neuen Telegrammaufnahmetisches in Ein- und Zweiplatzausführung mit Endverstärkern sowie durch Einführung geräuscharmer Schreibmaschinen wesentlich verbessert worden. Der Telegraphendienst in den zurückgewonnenen Gebieten ist aufgenommen und durch Springschreiberverbindungen mit allen größeren Orten des Reiches günstig ausgestaltet worden. Die gesamtpolitische Entwicklung hat im ganzen einen umfangreichen Ausbau des Telegraphennetzes für den öffentlichen und privaten Dienst zur Folge gehabt. Der von der Deutschen Reichspost wahrgenommene Wartungsdienst der Teilnehmer-Fernschreibstellen ist organisatorisch und technisch weitgehend verbessert worden.

Für die telegraphische Bildübermittlung[11]) wurde ein neues ortsfestes Bildsendegerät mit verbesserter Abtastoptik entwickelt. Das Gerät wird wie der entsprechende Empfänger in Schrankform aufgebaut und ebenfalls für den unmittelbaren Anschluß an 110 oder 220 V Wechselspannung eingerichtet. Die Entwicklung neuer tragbarer Bildsender unter Beibehaltung der bisher verwendeten Stromversorgungsgeräte (Batterie- und Netzanschlußkoffer) ist im Gange.

Das fahrbare Telegraphenamt, in dem bereits drei Bildsender untergebracht sind, wurde durch einen Bildsendezug, bestehend aus einem Triebwagen nebst Anhänger mit eigener Stromversorgungsanlage, ergänzt. Der Triebwagen ist u. a. auch mit zwei Dunkelkammern ausgerüstet, die den Benutzern der Bildtelegraphie zum Entwickeln ihrer Aufnahmen zur Verfügung gestellt werden sollen.

Der Ausbau des öffentlichen Bildtelegraphennetzes wurde fortgesetzt und umfaßt in Deutschland z. Z. 19 feste Bildstellen.

3. Fernsehen

DK 621.397

Trotz des Krieges wurde auch im vergangenen Jahre der Berliner Fernseh-Rundfunkdienst weiter ausgebaut und verbessert. Neben dem regelmäßigen Abendprogramm sind zahlreiche Übertragungen bei besonderen Gelegenheiten, z. B. Veranstaltungen im Sportpalast oder Reichssportfeld, durchgeführt worden. Zu diesem Zwecke wurde auch das Berliner Fernsehkabelnetz entsprechend erweitert und durch zahlreiche neue Anschlußstellen für Fernsehreportagen vervollständigt.

Im allgemeinen werden auch die bei den Außenübertragungen benutzten Aufnahmegeräte an die zentrale Impuls- und Taktgeberanlage im Fernsehhaus angeschlossen, so daß auch die Bilder der Außenstellen mit den Bildern aus dem Fernsehhaus unmittelbar überblendet werden können, wodurch ein flüssiger Programmablauf sichergestellt ist.

Eine neue größere Fernsehbühne wurde im Kuppelsaal des Reichssportfeldes eingerichtet. Von hier aus werden regelmäßig Fernsehsendungen für die Verwundeten in den Berliner Lazaretten durchgeführt, leichter Verwundete sind unmittelbar als Gäste des Fernsehsenders bei den Sendungen anwesend.

Auch hier arbeiten stets gleichzeitig mehrere Aufnahmegeräte; neben dem gewöhnlichen Elektronenstrahlabtaster mit Speicherkathode wird auch schon die wesentlich höher empfindliche Bildwandler-Bildspeicherröhre betriebsmäßig verwendet. Durch abwechselnde, überblendbare Bilder der verschiedenen Aufnahmekameras, zwischengeschaltete Filmaufnahmen usw. sind alle Möglichkeiten für die Durchführung eines hochwertigen Fernsehprogramms gegeben. Die Abendsendungen werden durch aktuelle Übertragungen (Zeitdienst) durch Wiedergabe der neuesten Wochenschau und Kulturfilme vervollständigt.

Die Fernsehsendungen werden sowohl drahtlos durch den Ultrakurzwellensender als auch durch ein weitverzweigtes Fernseh-Drahtfunknetz den zahlreichen öffentlichen Fernsehstellen, darunter zwei Großbildstellen, und den Fernsehempfängern in Berliner Lazaretten übermittelt. Außerdem sind zahlreiche Heimempfänger in allen Stadtteilen Berlins angeschlossen. Eine neue Großbildstelle mit besonders guter Bildwiedergabe (Fernsehkino) ist in Vorbereitung.

Auch die Laboratoriumsarbeiten wurden überall weitergeführt und haben auf allen Teilgebieten der Fernsehtechnik weitere Verbesserungen der Bildgeräte und Übertragungseinrichtungen gebracht, so daß nach Kriegsende sogleich mit einem raschen Ausbau des Fernsehrundfunks auch außerhalb der Reichshauptstadt begonnen werden kann.

4. Beeinflussung von Fernmeldeanlagen durch Starkstromleitungen

DK 621.391.31.013.71/.72

In allgemeinen Ausführungen[12]) werden die Schwierigkeiten der gegenseitigen Abgrenzung der an Starkstrom- und Fernmeldeeinrichtungen zu stellenden Anforderungen hervorgehoben und die Notwendigkeit der Weiterführung der diesbezüglichen physikalisch-technischen Arbeiten auf breiter Grundlage im Hinblick auf die beiderseitige künftige Entwicklung betont. Eine dänische Arbeit[13]) faßt die nach dem jetzigen Stand der Technik sich ergebenden Möglichkeiten, die aus dem Nebeneinanderbestehen von Starkstrom- und Fernmeldeeinrichtungen erwachsen, in üblicher Weise zusammen.

Die induktive Beeinflussung, die bekanntlich in Deutschland praktisch nur bei elektrischen Bahnen eine Rolle spielt, wird in einer grundlegenden Arbeit[14]), die

[9]) Fernau, Postarchiv 68 (1940) S. 523.
[10]) K. Maßmann u. E. Jansen, Z. Fernmeldetechn., 21 (1940) S. 39.
[11]) H. Bitter, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 29 (1940) S. 215.

[12]) Bornemann, Dringende Frage des zwischenstaatlichen Fernsprechdienstes, Europ. Fernsprechdienst 56 (1940) S. 8 u. 9.
[13]) Einwirkung der Starkstromleitungen auf Telephonleitungen Elektrotekn. T. 53 (1940) S. 263 u. 317.
[14]) Wild u. Oehem, Die Beeinflussung von Fernkabeln durch Wechselstrombahnanlagen, Europ. Fernsprechdienst 56 (1940) S. 186.

namentlich auch die an Fernmeldekabel hinsichtlich Ausführungsform bzw. Art der Verlegung zu stellenden Anforderungen klarstellt, behandelt. Im Laufe des Berichtsjahres wurde der Entwurf der „Gleichrichterbahnleitsätze" des VDE veröffentlicht[15]). Allerdings müssen wohl für wichtige Größen dieser Leitsätze noch weitergehende Messungen durchgeführt werden, um eine genügende Klarstellung für alle Beteiligten zu erreichen. Das gilt namentlich bezüglich des in diesen Leitsätzen erstmalig eingeführten wichtigen Begriffs des Empfindlichkeitsfaktors. In diesem Zusammenhang ist weiter ein Bericht[16]) über Sicherungen für erdfreie Bahnsignalstromkreise gegen gefährdende Spannungen erwähnenswert. Die in Amerika bezüglich Nullpunkterdung und bezüglich Bau der Freileitungsnetze andersartigen Verhältnisse bedingen die weitergehende Bedeutung der induktiven Beeinflussung, wie zwei Arbeiten[17])[18]) zeigen, von denen sich eine mit der induktiven Beeinflussung von Fernschreibkanälen befaßt. Beide Arbeiten gehen auch auf Schutzmöglichkeiten in den Fernmeldeanlagen besonders ein.

Eingehend wird die Welligkeit von Starkstromeinrichtungen, insbesondere von Gleichrichtern, untersucht. Zwei dieser Arbeiten behandeln die Oberwelligkeit von elektrischen Maschinen, und zwar den Einfluß von Nuten auf die Welligkeit der Spannung[19]) einerseits und einer besonderen Wicklungsart[20]) anderseits. Für die Berechnung der Welligkeit von Ventilstromkreisen gibt Werners[21]) ein neues allgemeines Rechenverfahren zur direkten Bestimmung der Oberwellen nach Ordnungszahl und Größe an. Die meisten anderen Untersuchungen über Oberwellen von Stromrichtern befassen sich teils mit theoretischen Betrachtungen, teils mit praktischen Messungen über die Oberwellen auf der speisenden Seite[22]). Dabei wird der Vielphasenschaltung, die bei großen Gleichrichterleistungen angewandt wird, besonderes Augenmerk zugewandt[23]). Eingehend wird auch der Einfluß der Oberwellen der Drehstromseite auf die Welligkeit der Gleichstromseite bei Gleichrichtern behandelt[24]). Bemerkenswert dürften in diesem Zusammenhang auch Untersuchungen über die Abhängigkeit des Leistungsfaktors vom Verhältnis der 1. Harmonischen zur Grundwelle bei ungesteuerten Gleichrichtern[25]) sein.

Ausschließlich mit dem Verhältnis auf der Fernmeldeseite befassen sich allgemeine Untersuchungen über die Wirkung der Längsspannung unter dem Einfluß von Unsymmetrien[26]) sowie besondere Betrachtungen über Schaltungsunsymmetrie[27]). Weiterhin wird der Einfluß der Welligkeit der Speisespannung auf den Geräuschpegel von Verstärkereinrichtungen untersucht[28]).

Besonders eingehend ist auch das Problem der Kreuzungen[29]) von Freileitungen, einerseits im Hinblick auf die zunehmende Verkettung der Starkstrom- und Fernmeldeanlagen, anderseits im Hinblick auf den Einsatz der Trägerstromtechnik bearbeitet worden. Das ist wohl als Zeichen dafür zu werten, daß die bisherigen nur der inneren Entkopplung dienenden Verfahren den neuen Erfordernissen entsprechend weiter entwickelt werden müssen. Des weiteren wird erstmalig die gegenseitige Beeinflussung von Leitungen für das Gebiet hochfrequenter Trägerströme behandelt[30]). In diesem Frequenzbereich wird man, wie im Gebiet der NF-Beeinflussung, allerdings noch viel zur meßtechnischen Klärung tun müssen, ehe schlüssige Abgrenzungen erfolgen können und sollten. Von Bedeutung für das richtige Abwägen der gegenseitig notwendigen Abgrenzungen ist auch eine Arbeit, die sich mit Lärmgrößen in Fernsprechräumen und ihren Einfluß auf die Verständlichkeit[31]) befaßt. Aus dem Gebiet der Korrosion sind einige zusammenfassende Arbeiten[32]) über den jetzigen Stand der Erkenntnisse zu erwähnen, sowie die Einführung neuer diesbezüglicher Vorschriften in der UdSSR[33]). Aus einer holländischen Untersuchung[34]) ist die Beschleunigung der Korrosion von Eisenleitungen durch hochfrequente Wechselströme für Rundfunkerdungen erwähnenswert.

[15]) VDE Ausschuß für Schwachstrombeeinflussung. Leitsätze für Maßnahmen an Fernmeldeanlagen und der Bahnanlagen mit Gleichrichterspeisung im Hinblick auf gegenseitige Näherungen, ETZ 61 (1940) S. 422.

[16]) Buckel, Müller, Schäfer, Sicherung gegen gefährdende Spannungsführung von erdfreien Anlageteilen elektrisch betriebener Strecken, Elektr. Bahnen 16 (1940) S. 134.

[17]) Colemon u. Trueblood, Maßnahmen an Stark- und Schwachstromleitungen wegen induktiver niederfrequenter Beeinflussung, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 403.

[18]) Milnor, Beherrschung induktiver Beeinflussung in Fernschreibübertragungssystemen, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 469.

[19]) Künzl, Die höheren Harmonischen in der Leerlaufspannungskurve von Drehstromgeneratoren bei geschlossenen und offenen Nuten, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 497.

[20]) Schack-Nielsen, Oberwellenarme Drehstromwicklungen, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 339.

[21]) Werners, Verfahren zur Berechnung der Stromoberwellen in Ventilkreisen, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) S. 383.

[22]) Černyšev, Primärströme bei Mehrphasenstromrichtern, Elektritschestwo 61 (1940) S. 53.
Nolen, Möglichkeiten und Schwierigkeiten bei der Verwendung der Stromrichter in Starkstromnetzen, Electrotechniek 18 (1940) S. 127 u. 135.
Rissik, Oberwellenerzeugung in Mehrphasengleichrichterstromkreisen, Electrician 124 (1940) S. 37.

[23]) Marti u. Taylor, Die Kurvenform der von 30 u. 60 Phasengleichrichtergruppen aus dem Netz entnommenen Strömen, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 218.
Satho, Ichiro, Die Theorie von Gleichrichterkreisen mit besonderer Berücksichtigung der im Primärnetz hervorgerufenen Oberschwingungen, Res. electrotechn. Lab. Minist. Comm., Tokio Nr. 434 S. 1.

[24]) Fäßler, Der Einfluß von Oberwellen im Drehstromnetz auf die Harmonischen der Gleichspannung und des Netzstromes von Stromrichtern. Arch. Elektrotechn. 34 (1940) S. 209.

[25]) Nolen, Die Stromharmonischen und der Leistungsfaktor bei 3- und 6-Phasengleichrichtern, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 152.

[26]) Shetzline, Der Longitudinal-Stromkreis, Teleph. Engr. 44 (1940) S. 19 u. 48.

[27]) Ridel, Unsymmetrie in Telephonschaltungen, Elektroswjas 8 (1940) S. 65.

[28]) Jacot, Fremdspannungen auf den Speiseorganen der Verstärkerämter und ihr Einfluß auf die Geräuschspannung, Techn. Mitt. schweiz. Telegr.-Teleph.-Verw. 18 (1940) S. 41.

[29]) Babcock, Kreuzungen, Bell. Labor. Rec. 18 (1940) S. 153.
Ilgenfritz, Hunter, Whitman, Anforderungen an den Linienbau in Zusammenhang mit der Entwicklung des Trägerstromsystems für 12 Kanäle Bell. Syst. techn. J. 18 (1939) S. 363. ETZ 61 (1940) S. 315.
Cornelsen, Vielbandträgerfrequenz — Fernsprechen über Freileitungen, ETZ 62 (1941) S. 85.

[30]) Nagel, Freileitungsträgerstromsysteme und ihre Frequenzbereiche, Postarch. 68 (1940) S. 645.

[31]) Seacord, Lärm in Räumen mit Fernsprechstellen, Electr. Engng. 58 (1939) S. 255; 59 (1940) S. 232.

[32]) Behrend, Verhütung elektrischer Korrosion unterirdischer Kabelanlagen, Telegr. Praxis 20, S. 49, 57, 65 u. 73.

[33]) Solovev u. Bondarevskij, Schutz unterirdischer metallischer Rohrleitungen und Kabel gegen Korrosion durch vagabundierende Ströme, Elektritschestwo 61 (1940) 9 S. 22.

[34]) Beck, Über die Beschleunigung der Korrosionsgeschwindigkeit des Eisens durch hochfrequente Wechselströme, Rec. Trav. chim. Pays-Bas 59 (1940) S. 314.

Meßtechnik

DK 621.317

Bei den Schalttafel- und tragbaren Geräten hat sich im Laufe des Berichtsjahres nicht viel geändert, mehr schon bei den Spezial- und Feinmeßgeräten, den Registrierinstrumenten, am meisten aber bei den Oszillographen. Eine ganz besonders starke Förderung haben die Meßbrücken und Kompensatoren gefunden. Das Gebiet der elektrischen Messung nichtelektrischer Größen hat sich so sehr erweitert, daß hier nur einige Beispiele angeführt werden können.

Von Kögler[1]) wird ein elektrodynamischer Lichtmarken-Leistungsmesser beschrieben, der mit Spitzenlagerung trotz relativ hoher Empfindlichkeit und Genauigkeit eine robuste Konstruktion darstellt. Fischer[2]) behandelt die Entwicklung des thermischen Leistungsmessers. Die zur Wechselstrommessung mit dem empfindlichen Drehspulinstrument immer mehr verwendeten Trockengleichrichter haben in den letzten Jahren eine recht wesentliche Verbesserung erfahren. Kesseldorfer[3]) berichtet über die Bewährung der Austauschstoffe im Zählerbau und über die Behebung von Schwierigkeiten[4]) beim Anschluß von Aluminiumleitungen. Der

[1]) ETZ 62 (1941) S. 237.

[2]) Z. techn. Phys. 22 (1941) S. 9.

[3]) ETZ 61 (1940) S. 1133.

[4]) ETZ 61 (1940) S. 1071.

Eichzähler als Normalinstrument ist von Grewer[5]) weiter verbessert worden. Paschen[6]) entwickelte einen Scheinverbrauchzähler mit eigenartigem Kugelgetriebe, der auch Fernzählungen ermöglicht. — Der VDE[7]) hat neue Regeln für Wandler herausgegeben, die von den bisherigen zwar nicht erheblich abweichen, aber doch wertvolle Erfahrungen berücksichtigen. Gugel[8]) beschreibt ölarme Meßwandler für Hochspannungsschaltanlagen, die eine wesentliche Raumersparnis gegen frühere Strom- und Spannungswandler bringen. Die Überstromziffer und ihre Bedeutung für die Beurteilung und Vorausberechnung der Stromwandler behandelt Franke[9]). Ein empfindlicher Strom- und Spannungsschreiber für 50 bis 1000 Hz von Grave[10]) mit Gleichrichter und Drehspulgerät ermöglicht es, Ströme bis zu 100 mA und Spannungen bis zu 40 V mit einer Toleranz von ±2 bis 3 % mit Tinte und Feder aufzuzeichnen. Siemer[11]) zeigt, wie bei der Messung großer Stromstöße mit Meßwiderständen und dem Kathodenstrahl-Oszillographen ein Gesamtmeßfehler von nur 1,2 % auftritt. — In einem Aufsatz von Rentsch[12]) wird ein allgemeiner Überblick über den Stand der hochentwickelten Oszillographentechnik sowie der verschiedenen Meßprinzipien gegeben. v. Borries und Ruska[13]) berichten über einen Hochleistungs-Oszillographen mit abgeschmolzener Braunscher Röhre, der in seiner Meßleistung an die Apparate heranreicht, die an die Pumpe angeschlossen sind. — Durch eine besondere Brückenschaltung zur Abgleichung von Widerständen, insbesondere Vor- und Nebenwiderständen für Meßgeräte, vermeidet Wolff[14]) gewisse Nachteile (Zeitverzögerung, Thermokräfte) des üblichen Abgleichverfahrens. Ein graphisches Verfahren zur Bestimmung der Spannungen in der nicht abgeglichenen „Ausschlagbrücke" gibt Skalicky[15]) an. Von J. Fischer[16]) werden für die Berechnung einfacher Thermoumformer (Thermokreuze) die theoretischen Grundlagen zusammengestellt. v. Steinwehr[17]) hat einen neuen Kompensator und Spannungsteiler herausgebracht, dessen Vorzüge darin bestehen, daß er bei kleinem, unveränderlichem Widerstand eine große Anzahl von Meßbereichen besitzt und der Arbeitsstrom für alle Meßbereiche der gleiche ist. Für den Stufenkompensator nach Schmidt werden von Zschaage[18]) die grundlegenden Beziehungen und Formeln abgeleitet. Der Photozellenkompensator, der sich als Betriebsgerät, besonders als Schreibgerät mit leistungsloser Verstärkung, schon vielfach bewährt hat, wird von Bleckwenn[19]) eingehend beschrieben, insbesondere in seiner Anwendung für Temperatur- und p_H-Messungen. — Von zahlreichen neuen Wechselstrom-Kompensationsmeßeinrichtungen sei eine neuartige Meßwandlerprüfeinrichtung von Ritter[20]) genannt: Dabei wird durch Vergleich mit Normalwandlern mit Hilfe des Vibrationsgalvanometers kompensiert. Die bekannte Scheringbrücke hat in diesem Jahr ein Jubiläum[21]) gefeiert und wurde in verschiedener Weise weiterentwickelt. Mense[22]) hat eine abgeschirmte Schleifdrahtbrücke (eine Abart der Scheringbrücke) zur Feinmessung an hochwertigen Isolierstoffen ausgearbeitet. Holzmüller[23]) mißt die Verlustwinkel von Kunststoffen bei 10^6 Hz; hier findet man einige interessante Betrachtungen über das Zustandekommen und die Vorausberechnung der Verluste. Über die Messung der Verluste und des Durchschlags bei Hochspannung und hoher Frequenz liegen zwei Arbeiten von Rhode und Wedemeyer[24]) vor, die in Kurvendarstellung wohl zum erstenmal zeigen, wie stark sich diese Größen bei hohen Spannungen mit der Frequenz (bis 1 MHz) ändern. — Vom VDE[25]) wurden „Regeln für das Messen von Spannungen in Röntgenanlagen mit der Kugelfunkenstrecke" herausgegeben. Für die Messung von Stoßspannungen schlagen Berger und Robinson[26]) eine absolute Eichung der Kugelfunkenstrecke mit dem Kathodenstrahloszillographen als Nullinstrument vor. Jacottet und Weicker[27]) geben in mehreren Kurven und einer Tafel einheitliche Grundlagen für „Überschlag-Wechselspannungen und 50 %-Überschlag-Stoßspannungen von Stabfunkenstrecken". Einen Überblick über elektrostatische Hochspannungsmesser für absolute und relative Messungen veröffentlicht Böcker[28]). Debus und Hueter[29]) zeigen, wie man mit üblichen Zeigergeräten die Kennwerte von Hochspannungsstößen mit meist ausreichender Genauigkeit bestimmen kann. Die Messung sehr hoher Gleichspannungen nimmt an Bedeutung zu; man verwendet hierzu wieder das sogenannte rotierende Voltmeter[30]), das im Gegensatz zur Kugelfunkenstrecke eine stetige Anzeige gestattet. — Die elektrische Messung mechanischer Größen hat erheblichen Umfang angenommen; Pflier[31]) berichtet hierüber in einem Buch. Ein neues Verfahren zur lichtelektrischen Feuchtemessung wird von Strobel[32]) angegeben, bei dem ein kühlwasserdurchflossenes, spiegelblankes Röhrchen sein Reflexionsvermögen ändert und so eine Lichtzelle beeinflußt. Die p_H-Messung gewinnt immer mehr an Bedeutung. Es sind hier zwei Veröffentlichungen zu nennen: Lieneweg und Naumann[33]), die praktische Bedeutung und Grundbegriffe herausstellen und eine druckfeste Glaselektrode großer Güte beschreiben, während Joens & Co.[34]) eine p_H-Wert-Registrieranlage, einen sog. „Kompensolux" und einen Programmregler herausgebracht haben.

5) ETZ 61 (1940) S. 753.
6) ETZ 62 (1941) S. 211.
7) ETZ 61 (1940) S. 992.
8) ETZ 62 (1941) S. 241.
9) Arch. Elektrotechn. 35 (1941) S. 127.
10) Arch. Elektrotechn. 34 (1940) S. 61.
11) ETZ 62 (1941) S. 45.
12) ETZ 61 (1940) S. 895.
13) Arch. Elektrotechn. 34 (1940) S. 106.
14) ETZ 61 (1940) S. 1035.
15) Arch. Elektrotechn. 34 (1940) S. 541.
16) Arch. Elektrotechn. 35 (1941) S. 23.
17) Z. Instrumentenkde. 60 (1940) S. 116.
18) ETZ 61 (1940) S. 1185; 62 (1941) S. 405.
19) ETZ 62 (1941) S. 292.
20) ETZ 62 (1941) S. 208.
21) ETZ 61 (1940) S. 1045.
22) Arch. Elektrotechn. 34 (1940) S. 568.
23) Kunststoffe 30 (1940) S. 177.
24) ETZ 61 (1940) S. 577 u. 1161.
25) ETZ 61 (1940) S. 933
26) Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 157.
27) ETZ 61 (1940) S. 565.
28) ETZ 61 (1940) S. 729.
29) ETZ 61 (1940) S. 797.
30) Arch. techn. Messen, J 763—3 (Juni 1939).
31) Pflier, Elektrische Messung mechanischer Größen. J. Springer, Berlin (1940).
32) ETZ 61 (1940) S. 515.
33) ETZ 61 (1940) S. 665.
34) ETZ 62 (1941) S. 230.

Akkumulatoren

DK 621.355

Im Berichtsjahr wurde durch ein Preisausschreiben des Heereswaffenamtes das Interesse auch weiterer Kreise auf das Problem gelenkt, Akkumulatoren auf anderer Grundlage als der bisher üblichen — Bleidioxyd-Blei, Nickel-Eisen, Nickel-Kadmium — aufzubauen. Eine Lösung ist bislang nicht bekannt geworden.

Die Frage des Austausches devisengebundener Rohstoffe durch einheimische ist weiter verfolgt worden. Die Versuche erstreckten sich in erster Linie auf die technische Eignung für die Zwecke des Akkumulatorenbaues. Daneben durfte aber auch bei der Beurteilung der verschiedenen in Vorschlag gebrachten, auf Kohlenstoff aufgebauten Kunststoffe nicht außer acht gelassen werden, welche Mengen an dem wertvollen Ausgangsstoff Kohle für das einzelne Fertigfabrikat aufgewendet werden müssen.

Seit längerer Zeit laufende Versuche, durch besondere fabrikatorische Maßnahmen die Lebensdauer der Platten

zu erhöhen, haben gute Erfolge gehabt. Platten dieser Art wurden in größerem Umfange für ortsfeste und Fahrzeugbatterien mit geeigneten Betriebsverhältnissen geliefert.

Besonderes Interesse wurde im Berichtsjahr dem akkumulator-elektrischen Antrieb von Fahrzeugen entgegengebracht[1]). Eine Reihe von Verschiebe- und Werklokomotiven für Akkumulatorbetrieb wurden geliefert und neue Aufträge erteilt. Die Frage der Verwendung von Elektrofahrzeugen im Straßenverkehr ist im Schrifttum lebhaft erörtert worden, wobei auch auf alte Vorschläge, durch besondere Maßnahmen, wie Schnelladung usw., den Fahrbereich zu erhöhen, zurückgegriffen wurde. Besonders sind die Bemühungen der Wiener Elektrizitätswerke zu erwähnen, die auf der dortigen Frühjahrsmesse das Modell einer Elektrotankstelle zeigten[2]), von denen eine größere Zahl an verschiedenen Stellen der Stadt eingerichtet werden soll.

[1]) Vgl. S. 692 dieses Heftes.

[2]) ETZ 61 (1940) S. 1165.

Elektrophysik (einschl. Elektroakustik)

DK 537+534

In der Übermikroskopie erhält man bei einer Steigerung der Strahlspannung auf 220 kV eine bessere Bildqualität und bessere Durchstrahlbarkeit dickerer Objekte[1]). Durch Kombination von übermikroskopischen Untersuchungen mit Elektronenbeugungsaufnahmen[1a]) an gleicher Stelle des Objektes ergeben sich neben morphologischen Aufschlüssen noch Angaben über den Gitteraufbau der Kristalle. Die Oberflächenmikroskopie gelang einmal in der Weise, daß auf der zu untersuchenden Oberfläche eine sehr dünne Schicht aus Oxyd oder auch aus Zaponlack aufgetragen wurde, die nach Ablösung in bekannter Weise durchstrahlt wurde[2]). Bei Aluminium wurden mit anodischer Oxydhaut die besten Ergebnisse erzielt. Das andere Verfahren arbeitet ähnlich dem lichtoptischen: Das Objekt wird streifend bestrahlt und durch die rückgestreuten Elektronen abgebildet. Das Objektiv ist dabei so angeordnet, daß es Strahlen, die von der Objektivfläche gespiegelt gedacht werden, auffängt[3]). Man erhält auf diese Weise bis zu 14 000fach vergrößerte Bilder mit 25 mμ Auflösung, die auch sehr geringe Erhebungen der Oberfläche sehr deutlich in Erscheinung treten lassen.

Die Röntgenverfahren haben in der neuzeitlichen chemischen Forschung und Technik wertvolle Beiträge geliefert[4]). Hierzu gehört die Erkennung und genauere Beschreibung von zwischenmolekularen Kräften oder der Bindung im festen Zustand oder im Einzelmolekül. Während bisher die Fourier-Analyse der an Kristallen erhaltenen Röntgenreflexe eine Festlegung der Atomlagen im Kristall erlaubte, lassen sich jetzt aus ihr auch Aussagen über die Elektronenverteilung im Gitter machen. Bei Feinstrukturbestimmungen mit Röntgenstrahlen ist das Interferenz-Zählrohr[5]) neben das photographische Verfahren getreten. Es ist gekennzeichnet durch Beherrschen größerer Intensitätsbereiche und stärkere Erhebung über die Streustrahlung. — Die Steigerung der Röntgen-Betriebsspannung auf 1 MV und mehr führte zu einer radiumähnlichen Röntgenstrahlung, was sich in der Intensitäts- und Härteverteilung, in den Absorptions- und Streuverhältnissen sowie in der Zahl und Reichweite von Photo- und Compton-Elektronen zeigt[6]). Die Schwächung in leichteren Stoffen steigt gegenüber Blei an, so daß sich die äquivalenten Schutzdicken annähernd umgekehrt wie die Dichten der verwendeten Stoffe verhalten. Mit 1 MV Strahlspannung läßt sich Stahl bis 200 mm Stärke bei einer Fehlererkennbarkeit von etwa 2 % der Stahldick [6]) durchstrahlen. — Über die Verfahren und Ergebnisse neuer kernphysikalischer Forschung berichtete auf der Deutschen Physikertagung im Kriegsjahr 1940 zusammenfassend G. Hoffmann[7]). Den Elektrotechnikern dürften dabei Abbildungen über die in Amerika in Bau befindlichen Untersuchungseinrichtungen interessieren, unter denen z. B. ein Zyklotron mit einem 4000 t-Magnet zur Atomzertrümmerung keine Anklänge an physikalische Apparate landläufigen Begriffs mehr aufweist. Die Arbeiten über die Uranspaltung haben zur Auffindung einer weiteren Zahl von meist kurzlebigen Isotopen geführt[8]). Isotope mit künstlicher Radioaktivität werden z. B. zu biologischen Untersuchungen über den Kreislauf dieser Stoffe im Körper benutzt, weil man ihren Weg verfolgen und auch Anreicherungen in einzelnen Organen von außen messen kann. Hierzu benutzt man Zählrohre, für die besondere Verstärker mit besonders hohem Auflösungsvermögen von 10^{-6} s gebaut wurden[9]), oder richtungsabhängige Geräte in Form eines Topfzählers[10]).

Aus 1½jährigen Registrierungen der Intensität senkrecht einfallender Höhenstrahlen mit Zweifachkoinzidenz-Doppelapparaturen ließen sich die Einflüsse von Luftdruck, Temperatur und Erdmagnetismus auf den Jahres- und Tagesverlauf bestimmen[11]). Bemerkenswert sind die Berechnungen über die Temperaturen in den einzelnen Schichten der Ionosphäre, wobei vor allem die Höhe dieser Schichten aus der durch das Vorhandensein ionisierter Teilchen merklich verkleinerten Gruppengeschwindigkeit berechnet wurde. Penndorf findet so für die E-Schicht Höhen von 11,4 km und Temperaturen zwischen 330 und 370 °K und für die F_2-Schicht Höhen von 20 bis 30 km und Temperaturen zwischen 500 und 800 °K[12]).

Die wellenmechanische Theorie der Feldelektronenemission wurde an Wolframspitzen und an kristallitfreien, elektronenmikroskopisch kontrollierten Schichten aus Barium, Kalium und Caesium mit Berücksichtigung der Bildkraft für bedeckte Metallflächen nachgewiesen[13]). Bei Wolframspitzen setzt die Feldelektronenemission bei Feldstärken von $3 \cdot 10^7$ V/cm ein. — Bei der Messung der Energieverteilung von Sekundärelektronen zeigte das Verfahren des longitudinalen Magnetfeldes Vorzüge gegenüber anderen Verfahren[14]). Beim Elektronenbeschuß von Isolatoren bildet sich unter der Oberfläche des Isolators eine negative Raumladungsschicht aus, die die Vorgänge bei der Sekundärelektronenemission beeinflußt[15]). Auch die Winkelabhängigkeit der Sekundärelektronenemission wurde für Isolatoren gleich der bei Metallen gefunden[15a]). In einer hochevakuierten Glühkathodenröhre wird ein sprunghaftes Schwanken des Anodenstromes beobachtet und durch elektrische Umladung der Glaswand durch Sekundärelektronen gedeutet. Beim Springen des Anodenstromes von höheren auf niedrigere Werte wird eine ganz plötzliche Druckabnahme von 10^{-4} auf 10^{-3} beobachtet. Dabei werden die positiven Gasionen in die negativ aufgeladene Glaswand hineingeschossen[16]).

[1]) H. O. Müller u. E. Ruska, Kolloid-Z. 95 (1941) S. 21. Vgl. auch B. v. Borries u. E. Ruska, Z. Phys. 116 (1940) S. 249.
[1a]) E. Ruska, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. Werkstoff-Sonderheft (1940) S. 372. Vgl. auch H. Boersch, Z. Phys. 116 (1940) S. 469.
[2]) E. Mahl, Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 17.
[3]) B. v. Borries, Z. Phys. 116 (1940) S. 370.
[4]) Naturwiss. 28 (1940) H. 42.
[5]) R. Lindemann u. A. Trost, Z. Phys. 115 (1940) S. 456.
[6]) R. Jaeger, Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 405.
[6a]) R. Berthold, F. Ebert u. O. Vaupel, Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 339.
[7]) Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 266.
[8]) O. Hahn u. Fr. Strassmann, Naturwiss. 28 (1940) S. 543 u. 817.
[9]) F. Goos u. O. Ehmann, Phys. Z. 4 (1940) S. 107.
[10]) R. Dreblow u. B. Rajewsky, Naturwiss. 28 (1940) S. 92.
[11]) W. Kolhörster, Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 284.
[12]) R. Penndorf, Naturwiss. 28 (1940) S. 751.
[13]) R. Haefer, Z. Phys. 116 (1940) S. 604.
[14]) R. Kollath, Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 328.
[15]) H. Hintenberger, Z. Phys. 114 (1939) S. 98.
[15a]) H. Salow, Phys. Z. 41 (1940) S. 434.
[16]) H. Schwarz, Z. Phys. 117 (1940) S. 23.

— Nach Schottky ist der Richtungssinn der Gleichrichterwirkung eines Elektrodensystems: Halbleiter – Sperrschicht – Metall von dem Halbleitertypus (Defekt- oder Überschuß-Halbleiter) abhängig. Aus Leitfähigkeitsmessungen an Sperrschichtgleichrichtern aus Titandioxyd und Kupferoxyd als Halbleiter wurde dieser Gleichrichtungssinn bestätigt[17]). Bei Metall-Halbleiteranordnungen mit unipolarer Leitfähigkeit muß mit durch den Strom bewirkter Erhöhung mit Erniedrigung der Elektronendichte in den randnahen Schichten des Halbleiters gerechnet werden, je nachdem, ob die Elektronenzufuhr aus einem elektronenreicheren oder aus einem Verarmungsgebiet erfolgt; damit treten schon bei kleinsten Spannungen Abweichungen vom Ohmschen Gesetz auf[18]). — In Elektronenstrahlen wird bei einer Elektrizitätsmenge von 1 C eine Masse von $5{,}66 \cdot 10^{-9}$ g übertragen. Beim Aufprall dieser auf ein Hindernis wird ein mechanischer Druck darauf ausgeübt. Die mechanische Druckkraft ist $3{,}37 \cdot I \cdot U^{1/2} \cdot 10^{-4}$ dyn, wenn I in mA und U in Volt gemessen wird. Zur Messung wurde ein Gehänge von 1 mg mit einer 0,3 µ starken Goldfolie benutzt. Die gemessenen Werte sind etwa 15 % höher als berechnet[19]).

Der Aufbau elektrischer Entladungen erfolgt nach Townsend durch Hochschaukeln des Stromes in Ionisierungsspielen, wobei die Ionenbeweglichkeit die Zeitkonstante bestimmt. Die kurze Aufbauzeit eines Funkens läßt sich nach Raether[20]) durch den Kanalaufbau erklären, bei dem entscheidend ist, daß die erste Elektronenlawine, die die Kathode verläßt, noch vor der Ankunft an der Anode eine so hohe kritische Verstärkung und damit ein so hohes Feld an ihrem Kopf erzeugt, daß die Lawine in eine rascher fortschreitende, anodengerichtete Kanalentladung umschlägt, aus der sich ein noch schnellerer, kathodengerichteter Kanal entwickelt ($> 10^8$ cm/s). — Quecksilbervakuumbogen lassen sich nach Einleiten der Zündung nur schwer durch ein Steuergitter beeinflussen. Beim Anlegen einer negativen Spannung bildet sich um das Gitter eine feldabschirmende, positive Raumladungsschicht, die für die langsamen Plasmaelektronen undurchlässig ist. Die Bedingungen, unter denen es mit genügend engen Gittern bei Aufwendung einer entsprechenden Steuerleistung möglich ist, den Bogenstrom zu unterbrechen, wurden näher untersucht[21]). So gelang bei ton- und hochfrequenter Spannung am Gitter z. B. bei 10^6 Hz eine Anodenleistung von 1,5 kW bei 100 W Steuerleistung. Leistungsverstärkung und Selbsterregung wurden bis 5 m Wellenlänge fortgeführt[22]). Mit Quecksilberdampfentladungsgefäßen mit ebener Dreielektrodenanordnung ließen sich mit der Dreipunktschaltung Schwingungen bis 60 cm Wellen erreichen. Die Gitter-Anodenkapazität und damit die Frequenz ist von mehreren Faktoren abhängig, frequenzbestimmend ist weiter die in Reihe mit der Schichtkapazität liegende Plasmainduktivität[23]). Das Plasma in Natriumlampen führt hochfrequente Schwingungen aus, deren Frequenz von Bogenstrom und Kathodentemperatur abhängt. Durch Koppeln des Plasmas mit einem äußeren Schwingungskreis ließ sich der Widerstand des Plasmas und damit ein elektrisches Ersatzschema gewinnen. Kleine Gasdichte bei hoher Ionendichte begünstigt die Schwingungen. Bei Hg-Lampen sind sie geringer und rufen damit auch weniger Rundfunkstörungen hervor[24]).

Der bei Ultraschalluntersuchungen häufig beobachtete Schallstrahlungsdruck war bisher noch nicht widerspruchsfrei erfaßt. Er war von Lord Rayleigh theoretisch erkannt und begründet und von Langevin und Brillouin vervollständigt worden. Nach Lord Rayleigh ist der Schallraum allseitig von starren Wänden umgeben, so daß die mittlere Massendichte unveränderlich ist. Außerdem ergibt sich für den Rayleighschen Strahlungsdruck nach der Zustandsgleichung des Mediums ein verschiedener Wert, während der Langevinsche Strahlungsdruck davon unabhängig stets gleich der Energiedichte ist. In elastischen Flüssigkeiten sind die beobachteten Wirkungen nicht auf eine an der reflektierenden Fläche auftretende Druckwirkung zurückzuführen, sondern an der Grenze des Schallstrahles gegen die ruhende Flüssigkeit ist das Gleichgewicht gestört; damit ist der Druck im Schallstrahl senkrecht zu seiner Richtung gegenüber der Umgebung erniedrigt, und es strömt Flüssigkeit von außen in das vom Schall durchsetzte Gebiet, bis durch Dichte- und Druckerhöhung das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. Auf diese Weise lassen sich die Erscheinungen des Schallstrahlungsdruckes bei Ultraschallversuchen in Flüssigkeiten anschaulich deuten[25]).

Für die akustische Meßtechnik haben fortschreitende Schallwellen eine überragende Bedeutung. Man kann sie nur bei Vermeidung von Schallreflexionen in der Nähe der Schallquelle erhalten. Dazu müssen die Wände genügend schallschluckend sein. Eine schallschluckende Verkleidung mit Schluckzahlen von 99 % und mehr bis 99,9 % wurde durch Behängen von Decke, Wänden und Fußboden mit Schlackenwolle-Pyramiden von $15 \cdot 15$ cm² Grundfläche und 1 m Gesamthöhe hergestellt[26]). Die Abweichungen des Schalldruckes von der theoretischen Druckabnahme längs der 9 m langen Meßstrecke betragen nur wenige db. — Zur Suchtonanalyse wurde ein Gerät zur automatischen Analyse mit einer Trägerfrequenz von 20 bis 40 kHz und einem mechanischen Bandfilter für 20 kHz gebaut[27]). Zur Steigerung der Lautstärke und auch der Dynamik eines Cembalo bei Verwendung in großen Konzertsälen wurde eine Schallübertragungsanlage gebaut und praktisch angewendet, bei der durch Benutzung von zwei getrennten Übertragungswegen eine natürliche, räumliche Wirkung erreicht und der typische Lautsprecherklang vermieden wird[28]). In der Berliner Staatsoper wurde die Raumakustik für die Durchführung von Symphoniekonzerten in der Weise elektrisch verbessert, daß durch Lautsprecher und Verstärker mit ansteigendem Frequenzgang die hohen Obertöne verstärkt und durch elektroakustische Einschaltung des leeren Probesaales die Nachhalldauer um etwa eine halbe Sekunde verlängert wurde. Der Nachhalllautsprecher war im 2. Rang aufgestellt und strahlte zur Decke[29]). — Für viele technische Anwendungen ist die Schalldämpfung in Rohrleitungen von Bedeutung. Es liegen hierüber neue Untersuchungen[30]) vor, die über den Wellenwiderstand und das Übertragungsmaß Aufschluß geben und die zu erwartenden Dämpfungen mit hinreichender Genauigkeit zu berechnen gestatten. — Die allgemeinen Benennungen in der Akustik sind durch ein Normblatt DIN 1320 festgelegt. Die für die Definition der physiologischen Größe der Einheit der Lautstärke notwendigen physikalischen Bezugspunkte sind unter Angleich an die internationalen Festlegungen im Normblatt DIN 1318 niedergelegt. Zur Durchführung von technischen Lautstärkemessungen wird ein objektiv anzeigendes Gerät benötigt. Da sich in ihm nicht alle Eigenschaften des menschlichen Ohres nachbilden lassen, sind die Richtlinien für ein Meßgerät für DIN-Lautstärken (DIN-Entwurf E 5045[31]) aufgestellt, bei denen der notwendige technische Aufwand mit der angestrebten Genauigkeit im Einklang bleibt.

---

[17]) H. Klarmann, Wiss. Veröff. Siemens-Werk 18 (1939) S. 78.
[18]) W. Schottky, Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 322.
[19]) P. Selényi, Naturwiss. 29 (1941) S. 78.
[20]) H. Raether, Naturwiss. 28 (1940) S. 749.
[21]) H. Fetz, Ann. Phys., Lpz. 37 (1940) S. 1.
[22]) G. Wenner, Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 53.
[23]) R. Schäfer, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) S. 499.
[24]) H. H. v. Stengel, Hochfrequenztechn. 55 (1940) S. 42.
[25]) G. Richter, Z. Phys. 115 (1940) S. 97. — G. Hertz, Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 298.
[26]) E. Meyer, G. Buchmann, A. Schoch, Akust. Z. 5 (1940) S. 352.
[27]) G. Buchmann, Akust. Z. 5 (1940) S. 7.
[28]) E. Thienhaus, Akust. Z. 5 (1940) S. 34.
[29]) O. Vierling, Akust. Z. 5 (1940) S. 86.
[30]) J. Harmans, Akust. Z. 5 (1940) S. 215 u. W. Lippert, Akust. Z. 6 (1941) S. 46.
[31]) D. Akust. Ausschuß. Akust. Z. 5 (1940) S. 305.

Elektrochemie

DK 621.35

Anlagetechnische Verbesserungen an elektrometallurgischen Verfahren erstrecken sich in der Hauptsache auf steigende Verwendung von Beton- an Stelle von Holzbehältern für Bäder und Herabsetzung der Stromverluste durch neue Stromschienenform und Kontaktgebung[1]). Bemerkenswert ist das auch in Amerika bestehende Interesse an der Aufarbeitung von Legierungsabfällen auf Kupferbasis[1]), ein Problem, das in den letzten Jahren u. a. im Zusammenhang mit der Verwertung plattierter Abfälle[2]) und der Aufarbeitung von Münzmetall[3]) in Deutschland stark beachtet wurde. — Nach verschiedenen Verbesserungen hinsichtlich Elektrolytreinigung, Elektrolysebedingungen[4]) und Anodenwerkstoff[5]) scheint das elektrolytische Mangan-Gewinnungsverfahren aus Sulfatlösungen, bei dem als Nebenprodukt Kobalt gewonnen wird[6]), technisch ausgereift zu sein. Das „Bureau of Mines" gibt erfolgversprechende Versuche zur elektrolytischen Gewinnung von Chrom aus Schmelzen von NaCl, $CaCl_2$, Fluoriden und Cr_2O_3 oder Chromit bekannt[7]). Für die deutsche Metallwirtschaft dürfte ein Verfahren von Bedeutung sein, nach welchem die Zinkgewinnung aus Gichtstäuben gelingt, die bei der Verhüttung der Meggener Kiesabbrände und der Stolberger und Braubacher Bleischlacken anfallen. Die hierbei u. a. technisch erprobte Sulfatelektrolyse scheidet aus wirtschaftlichen Gründen zunächst aus; ein Blechverzinkungsverfahren konnte auf dieser Basis aufgebaut werden[8]). In Amerika geht man dazu über, Kadmium aus Flugstäuben durch Ausfällung an Zink aus Sulfat-[9]) oder Chloridlösungen[10]) in handelsüblicher Reinheit zu gewinnen. Durch Elektrolyse von in geschmolzenem Bleichlorid suspendiertem Bleiglanz soll elementarer Schwefel neben einem Wismut, Antimon und Silber enthaltenden Blei gewonnen werden[11]). Die intensive Weiterentwicklung der galvanischen Verzinkung ist aus Arbeiten über die Wirkungsweise von Glanzzinkbädern[12]) sowie grundlegenden Untersuchungen über Herstellungsbedingungen und Schichteigenschaften der verschiedenen gebräuchlichen Zinkbäder[13]) erkennbar. In diesem sowie im Zusammenhang mit Fragen des kathodischen Beizens wurde auch die für alle galvanischen Verfahren wichtige Frage der Wasserstoffsprödigkeit untersucht[14]). Eine Anlage der Bethlehem-Steel-Comp. zur Verzinkung von Drähten im Durchlaufverfahren wurde bedeutend vergrößert[9]). Dieses auch in Deutschland technisch bearbeitete Verfahren läuft meist in Kombination mit dem schmelzfluß-elektrolytischen Entzunderungsverfahren nach T a i n t o n[15]). Chromüberzüge werden neuerdings unter gewissen Voraussetzungen auch als korrosionsschützend angesehen[16]). Der Einfluß von Fremdsäuren in Chrombädern auf Streuung, Stromausbeute, Schichteigenschaften, Anodenverschleiß usw. wurde sehr eingehend untersucht[17]). Der technische Stand der Hartverchromung wird zusammenfassend dargestellt[18]), insbesondere liegt großes Interesse an der Verchromung von Preßformen für Kunstharzpreßstoffe vor[19]). Es wird über den Nachweis von metallischen Überzügen und Grundmetallen mittels Spektralanalyse sowie über ein auf gleicher Grundlage aufgebautes Schichtdickenbestimmungsverfahren berichtet[20]).

Die Weiterentwicklung der anodischen Oxydation von Aluminium und Aluminiumlegierungen erstreckte sich insbesondere auf das Studium des Verhaltens ausscheidungsfähiger Aluminiumlegierungen in Abhängigkeit vom Gefügezustand und Untersuchung der einzelnen ausgeschiedenen Gefügebestandteile[21]). Interessant ist ein Vorschlag zur anodischen Behandlung von Bändern und Drähten im Durchzugsverfahren unter Verwendung induktiver Stromzuführung[22]). Die Oberflächenschutzverfahren für Zink und Zinklegierungen scheinen über den Stand des Vorjahres[23]) noch nicht wesentlich hinausgekommen zu sein; an ihrer Weiterentwicklung wird gearbeitet[24]). In einigen Fällen wurde versucht, das Übermikroskop zur Vergleichsuntersuchung verschieden behandelter Oberflächen einzusetzen[25]).

Im Zusammenhang mit einer Angabe über die Verbesserung von Isolierölen durch aktiviertes Aluminiumoxyd[26]) interessiert ein neues Verfahren zur Schnellprüfung flüssiger Isolierstoffe mittels elektrischer Entladungen, welches das Verhalten der Öle im Dauerbetrieb vorauszusagen gestattet[27]).

---

1) M. W. Heberlein, Engng. Min. J. 141 (1940) S. 54.

2) J. Baisch, Metall u. Erz 36 (1939) S. 216; C. Schaarwächter, Metall u. Erz 36 (1939) S. 240; W. Machu, Korrosion u. Metallsch. 17 (1941) S. 70.

3) W. George und F. Enßlin, Metall u. Erz 37 (1940) S. 473 u. 493.

4) R. S. Dean, C. Anderson, C. Moss u. P. M. Ambrose, Engng. Min. J. 140 (1939) S. 42.

5) A. A. Center, Engng. Min. J. 141 (1940) S. 85.

6) R. S. Dean u. V. H. Gottschalk, Engng. Min. J. 141 (1940) S. 92.

7) Rep. of Investig. 3480 (1940) S. 22.

8) H. Klein, Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 263; O. Gocke, Metall u. Erz 38 (1941) S. 7.

9) S. M. Shelton u. H. R. Hanley, Engng. Min. J. 141 (1940) S. 90.

10) Amer. Pat. 2 138 281.

11) Engng. Min. J. 141 (1940) S. 89 u. 94.

12) C. W. Smith, Month. Rev. Amer. Elect. Plater. Soc. 27 (1940) S. 255; Amer. Pat. 2 218 734.

13) H. Fischer u. H. Baermann, Z. Metallkde. 32 (1940) S. 376; R. Springer, Metallwarenind. 39 (1941) 7 u. 29.

14) H. Fischer u. H. Baermann, Korrosion u. Metallsch. 16 (1940) S. 405; W. Baukloh u. J. Karnath, Korrosion u. Metallsch. 16 (1940) S. 418.

15) DRP 636 489.

16) K. Gebauer, Korrosion u. Metallsch. 16 (1940) S. 297.

17) J. Fischer, Wiss. Veröff. Siemens-Werk, Werkstoffsonderheft. Verlag J. Springer, Berlin 1940, S. 138; K. Gebauer, Oberflächentechn. 18 (1941) S. 2, 11, 19, 31.

18) P. Cüppers, Mitt. Forsch.-Anst. Gutehoffn., Nürnberg 8 (1940) S. 234.

19) Ch. O. Herb, Machinery 46 (1939/40) S. 87; M. Cymboliste, Chim. et Ind. 43 (1939) S. 185.

20) M. Passer u. A. Lauenstein, Metallwirtsch. 19 (1940) S. 667; A. Lauenstein u. M. Passer, Metallwirtsch. 20 (1941) S. 209.

21) H. Fischer, N. Budiloff, L. Koch, Korrosion u. Metallsch. 16 (1940) S. 236; H. Fischer, N. Budiloff, L. Koch, Wiss. Veröff. Siemens-Werk, Werkstoffsonderheft, Verlag J. Springer, Berlin 1940, S. 169.

22) Th. Rummel, Wiss. Veröff. Siemens-Werk., Werkstoffsonderheft, Verlag J. Springer, Berlin 1940, S. 213.

23) H. Prelinger, ETZ 61 (1940) S. 642.

24) H. Fischer u. N. Budiloff, Z. Metallkde. 32 (1940) S. 100.

25) L. Koch u. A. Lehmann, Wiss. Veröff. Siemens-Werk., Werkstoffsonderheft, Verlag J. Springer, Berlin S. 363; H. Mahl, Metallwirtsch. 19 (1940) S. 1082.

26) J. E. Honsley, Electr. Wld., N. Y. 113 (1940) S. 1521.

27) Th. Rummel, Z. Elektrochem. 47 (1941) S. 120.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern n u r an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Abschluß des Heftes: 1. August 1941

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Springer-Verlag, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 14. August 1941 | Heft 33

Carl Friedrich von Siemens †

In der Nacht vom 9. zum 10. Juli 1941 starb nach kurzer, schwerer Krankheit der Vorsitzende des Aufsichtsrates der Siemens & Halske A.-G. und der Siemens-Schuckertwerke A.-G., Carl Friedrich von Siemens, im Alter von 68 Jahren. Mit ihm verliert die deutsche Elektrotechnik eine ihrer Führerpersönlichkeiten, deren Wirken unmittelbar an das der ersten großen Erfinder und Pioniere der Elektrotechnik anknüpft.

Er wurde als jüngster Sohn des Begründers der Siemens-Werke, Werner von Siemens, am 5. September 1872 in Berlin-Charlottenburg geboren und wuchs also gerade in einer Zeit heran, in der die Grundlagen der noch ganz jungen Elektrotechnik — eine Bezeichnung, die erst sein Vater geprägt hat — in wissenschaftlicher und industrieller Hinsicht geschaffen wurden. Es sei daran erinnert, daß damals die Entdeckung des dynamo-elektrischen Prinzips durch Werner von Siemens erst 6 Jahre alt war.

Carl Friedrich besuchte die Universität in Straßburg und die Technischen Hochschulen in München und Berlin, um im Jahre 1899 nach inzwischen abgelegter Militärdienstzeit als Siebenundzwanzigjähriger in das Stammhaus von Siemens & Halske in der Markgrafenstraße in Berlin einzutreten. 1901 wurde er mit der Leitung der Starkstrom-Abteilung des englischen Zweighauses Siemens Brothers in London und Stafford betraut.

Nach seiner Rückkehr nach Berlin im Jahre 1908 übernahm er die Leitung der Übersee-Abteilung und im Jahre 1912 den Vorsitz im Vorstand der Siemens-Schuckertwerke. Nach dem Tode seines älteren Bruders Wilhelm wurde er 1919 Vorsitzender des Aufsichtsrates der Siemens & Halske A.-G. und der Siemens-Schuckertwerke A.-G. und übernahm damit die Führung des gesamten Konzerns. Die nächsten anderthalb Jahrzehnte gehörten durch die Folgen des verlorenen Krieges, Inflation, Wirtschaftskrisen und politische Kämpfe zu den schwierigsten Jahren für die deutsche Industrie. Wenn es ihm trotzdem gelang, das Unternehmen wirtschaftlich gesund zu erhalten und zu seiner heutigen überragenden Größe auszubauen — besonders auch durch Förderung des Exportes — so ist das ein Beweis für seine hervorragenden Fähigkeiten als Wirtschaftsführer und Organisator. Auch auf sozialem Gebiet, vornehmlich im Wohnungs- und Siedlungswesen, hat er vorbildlich gewirkt.

Als führende Persönlichkeit der deutschen Industrie wurde er in zahlreiche wichtige Ämter berufen. So war er von 1924 bis 1935 Präsident des Verwaltungsrates der Deutschen Reichsbahn. Der Führer ehrte ihn bei seinem Ausscheiden aus dieser Tätigkeit durch seine Anerkennung. Zwei Jahre zuvor — 1933 — war Carl Friedrich von Siemens bereits in den neu gebildeten Generalrat der deutschen Wirtschaft berufen worden.

Zahlreich waren auch die Ehrungen, die dem Verstorbenen zuteil geworden sind. Er war Ehrendoktor und Ehrensenator mehrerer Technischer Hochschulen. Auch die Elektrotechnische Gesellschaft in Frankfurt am Main — der jetzige VDE-Bezirk Mittelhessen — zählte ihn seit 1921 zu ihren Ehrenmitgliedern.

In der Geschichte der deutschen Elektrotechnik wird Carl Friedrich von Siemens als ein Mann fortleben, der es in Deutschlands schwerster Zeit nach dem Weltkriege verstand, der deutschen Technik und damit dem deutschen Namen wieder Ansehen und Geltung in der Welt zu verschaffen, und der sich als verständnisvoller Betriebsführer die Achtung und Anhänglichkeit seiner großen Gefolgschaft erworben hat.

Stand der Forschung über die Wirkung industrieller Ströme auf lebenswichtige Organe

Von K. Alvensleben VDE, Berlin

DK 621.3.021/.022 : 614.88

Übersicht. Die neueren Forschungsergebnisse über die physiologischen Wirkungen industrieller elektrischer Starkströme auf die lebenswichtigen Organe werden erläutert, und es wird gezeigt, daß die Auffassungen über einen Gehirn- oder Atmungstod nicht zutreffen können. Der bei Tierversuchen beobachtete Atmungstod ist sekundärer Art und entweder durch Wärmeschädigung des Gehirns oder durch Kreislaufstörung hervorgerufen.

Entwicklungsgrundlagen

Die Mißerfolge der heutigen Wiederbelebungsverfahren haben in den letzten 15 Jahren in vielen Ländern Forschungen veranlaßt, um Klarheit über die Vorgänge beim elektrischen Tod zu schaffen. Noch heute sind viele Laien und Ärzte der Ansicht, daß der elektrische Tod ein Scheintod und in der Mehrzahl der Fälle ein Atmungstod ist, der nur mangels rechtzeitiger und sachgemäßer Hilfe in den wirklichen Tod übergeht. Auch die preußische Regierung war dieser Ansicht und lehnte 1917 unter Hinweis auf Jellineks Arbeiten die Forderung Boruttaus nach weiteren Forschungen zur Verbesserung der Wiederbelebungsversuche ab. Die dem entgegenstehenden Arbeiten von Prévost und Batelli in Genf, George Weiß, Paris, u. a. sind kaum bekannt geworden. Bisher gelang es aber keinem Arzt, einen elektrisch Verunglückten ins Leben zurückzurufen; alle Meldungen über erfolgreiche Wiederbelebungsversuche stammen von Laien. Dabei haben Ärzte sowohl die Sylvestersche Beatmung mit und ohne Geräte, mit und ohne Sauerstoff und Kohlensäure angewendet, ebenso alle bekannten Herzreizmittel, wie Coramin, Cardiazol, Kampfer, Adrenalin, ins Herz eingespritzt, in einigen Fällen sogar Lobelin, ohne jemals einen Erfolg erreicht zu haben. Verschiedentlich werden diese Mißerfolge damit erklärt, daß die Ärzte nicht rechtzeitig eingreifen können, d. h. zu spät kommen. Das trifft für viele Fälle nicht zu; denn ich habe in meiner Sammlung eine beträchtliche Zahl elektrischer Unfälle, bei denen ein oder mehrere Ärzte zugegen waren, und trotz sofortiger Hilfe die Verunglückten nicht gerettet werden konnten.

Auch der andere Einwand, daß Ärzte die Technik der Wiederbelebung nicht beherrschten, dürfte nicht in sämtlichen Fällen zutreffen. Jellinek, der als Autorität auf dem Gebiete der Wiederbelebung nach elektrischen Unfällen während dreier Jahrzehnte in Wien zu jedem elektrischen Unfall hinzugerufen wurde, hat nie einen eigenen Erfolg seiner Bemühungen melden können. Alle in seinen Aufsätzen erwähnten Erfolge mit Wiederbelebungsversuchen nach elektrischen Unfällen sind also von Laien erzielt. Das dürfte aber daran liegen, daß der Laie Leblosigkeit oder Scheintod nicht von einer tiefen Bewußtlosigkeit unterscheiden kann.

Neuere Forschungen über den Stromtod

Die neueren Forschungen in Deutschland von Koeppen, in Amerika von Hooker, King, Williams u. a. haben die Ergebnisse der früheren Forschungen von Prévost und Batelli, George Weiß, Boruttau u. a. bestätigt, nach denen der elektrische Tod in der Mehrzahl aller Fälle ein Herztod ist, und zwar durch Herzkammerflimmern. Sie haben weiter ergeben, daß es aussichtslos ist, mit den üblichen Wiederbelebungsverfahren oder mit subkutanen oder intrakardialen Einspritzungen von Medikamenten eine Wiederbelebung zu erzielen. Eine primäre zum Tode führende Atmungslähmung oder Atmungshemmung beim Menschen aus Anlaß von elektrischen Unfällen kann es kaum geben. Dieser Behauptung stehen scheinbar die Ergebnisse der Tierversuche bedeutender Forscher entgegen, wie Prévost und Batelli in Genf, Weiß in Paris, Langworthy in Amerika, Schlomka und Schrader in Deutschland u. a., deren wissenschaftliche Bedeutung ich im übrigen anerkenne. Desgleichen scheinen die bei Tierversuchen gefundenen Veränderungen im Gehirn, besonders im Atemzentrum in der Medulla oblongata, darauf hinzudeuten, daß der elektrische Strom bei Kopfdurchströmung Störungen der Atmung hervorrufen muß. Mir fiel auf, daß es bei Versuchen mit größeren Tieren, wie Hunden, kaum gelang, mit auf den entsprechend vorbereiteten Kopf aufgesetzten Elektroden einen Tod durch Atmungslähmung zu erzielen. Wohl setzte die Atmung aus, solange der Strom hindurchging. Um aber den Tod durch dauerndes Aussetzen der Atmung zu erreichen, mußte entweder die Elektrode ins Maul gelegt oder, sofern sie auf dem Kopf lag, eine erhebliche Stromstärke während längerer Dauer angewendet werden, als sie bei Unfällen vorkommt. Daraus ergibt sich, daß die angeblich tödliche Atmungslähmung erst eine sekundäre Erscheinung ist, hervorgerufen durch Überhitzen lebenswichtiger Gehirnzentren, insbesondere des Atmungszentrums. Beim Errechnen der Temperaturerhöhung im Körper wird gewöhnlich die beim Versuch zugeführte Wärmeenergie auf das gesamte Körpergewicht bezogen, wobei sich nur eine unbedeutende Erhöhung der Körpertemperatur ergibt. Man muß aber berücksichtigen, daß die Stromdichte in der Umgebung der Elektrode verhältnismäßig hoch ist.

Bei elektrischen Unfällen kommt es an der Körperoberfläche durch die Stromwärme fast regelmäßig neben den sichtbaren Verbrennungen zu zunächst nicht erkennbaren Koagulationen im Gewebe, das später nekrotisch wird. Der Arzt wird bisweilen überrascht, welches Ausmaß die Wunden im Verlauf der Behandlung annehmen. Dabei wird meist bei der Aufnahme im Krankenhaus im Körper keine merkliche Temperaturerhöhung festgestellt. Ähnliche Verhältnisse bezüglich der Wärmeverteilung müssen sich im Tierversuch ergeben. Schon eine geringe Stromstärke, vom Maul aus zugeleitet, muß das obere Halsmark und die Medulla oblongata, in der das Atemzentrum liegt, erheblich erwärmen, ohne daß im übrigen Körper, abgesehen von der Umgebung der zweiten Elektrode, eine Temperaturerhöhung bemerkt wird. Bei Säugetieren tritt bereits bei 47 °C die Wärmestarre der Muskeln, ähnlich der Totenstarre, als Folge der Gerinnung gewisser Eiweißkörper auf.

Der chemische Aufbau der im Körper vorhandenen Eiweißkörper ist verschieden und dementsprechend auch die Temperatur, bei der sie gerinnen. So ist es wahrscheinlich, daß auch ein Teil der Eiweißkörper des Zentral-Nervensystems bei den obigen Temperaturen gerinnt und dadurch nicht rückbildungsfähige Schäden hervorgerufen werden. Fiebertemperaturen von über 45 °C sind mit einem Fortbestand des Lebens unvereinbar. Erhöhte Temperaturen im Atmungszentrum müssen vor allem auch dann auftreten, wenn eine Elektrode im Maul und die andere auf dem Hinterkopf liegt, wie die Anordnung bei vielen Tierversuchen war. Ein derartiger Stromverlauf kommt aber bei elektrischen Unfällen nicht vor.

Außerdem wurde bei Tierversuchen ein Atmungstod bei einem Stromweg von einem Vorderlauf zum Hinterlauf, also ohne Kopfdurchströmung, angenommen, wenn die Atemtätigkeit erlosch. Es handelt sich in diesen Fällen um Stromstärken, die noch zu gering sind, um Herzkammerflimmern zu erzeugen, von denen aber Koeppen nachgewiesen hat, daß sie zum tödlichen Herzstillstand führen, wenn sie 30 s lang einwirken. In diesen Fällen steigt der arterielle Druck nach dem Ausschalten schnell auf 30 Torr[1]). Auffällig ist dabei, daß diese scheinbare Atemlähmung hauptsächlich bei einer Stromrichtung vom linken Vorderlauf zum rechten Hinterlauf auftritt, selten aber bei einem Stromweg von einem Vorderlauf zum andern, obwohl in diesen Fällen das Gehirn dem Stromweg wesentlich näher lag. Auch bei einem Stromverlauf vom Kopf zum Hinterlauf waren die zentralen Atemstörungen keineswegs stärker ausgebildet als beim Stromdurchgang von einem Vorder- zu einem Hinterlauf. Mithin kann es sich nicht um einen Tod durch Atemlähmung handeln; denn dann müßte er um so eher auftreten, je näher der Stromweg dem Gehirn liegt. Auch diese angebliche Atemlähmung muß herzbedingt sein. Die bei den Tierversuchen beobachteten angeblichen Atmungstodesfälle sind also nicht der Stromwirkung primär zuzuschreiben, sondern entweder eine sekundäre Erscheinung der Wärmewirkung oder die Folge des Herzstillstandes.

Erfahrungen mit elektrischen Unfällen

Alljährlich habe ich einige nicht tödlich verlaufende elektrische Unfälle zu bearbeiten, bei denen Stromstärken von Bruchteilen eines Ampere bis zu 80 A und mehr (Kapazitätsstromstärke der Netze oder Reststromstärke bei kompensierten Netzen) durch den Kopf geflossen sind. In allen diesen Fällen trat sofort Bewußtlosigkeit auf, und je nach der Stromstärke waren keine oder nur unbedeutende Strommarken bis zu den schwersten Verkohlungen der Kopfhaut und des Schädeldaches zu sehen. Je nach der Schwere der Verbrennungen, also auch der Stromstärke, war die Dauer der Bewußtlosigkeit. Aber die Lebenszeichen kamen auch dort schnell wieder, wo keine Wiederbelebungsversuche gemacht wurden. Bei höheren Stromstärken treten bisweilen schwere Krämpfe auf, so daß die Verletzten nicht selten festgebunden werden müssen. Selbst bei Stromeintritt am Hinterhaupt, also in der Nähe des Atemzentrums, habe ich keine Atmungslähmung beobachtet. Einige der tagelang bewußtlosen Verletzten starben leider wenige Tage nach dem Unfall, also aus sekundärer Ursache; nur wenige erliegen aber derartigen Unfällen. Gelegentlich eines Vortrages in der Berliner medizinischen Gesellschaft konnte ich einen Verunglückten vorstellen, der 16 Jahre vorher in einer Hochspannungs-Schaltanlage mit dem Scheitel eine 5000 V-Sammelschiene berührte, während er auf einem geerdeten Winkeleisen stand. Beim Abfallen blieb noch kurzzeitig ein Lichtbogen zwischen Kopf und Sammelschiene stehen. Von der verkohlten Stelle seines Schädeldaches stieß sich ein handtellergroßer Knochenteil ab, den er zum Vortrag mitgebracht hatte. Durch die große, leicht überhäutete Knochenlücke konnte man deutlich die pulsatorischen Gehirnbewegungen wahrnehmen. Sind Abstoßungen abgestorbener Schädelknochen in dieser Größe Seltenheiten, so ist die Zahl der schwer Kopfverbrannten mit späteren Knochenlücken, durch die die Gehirnbewegungen erkennbar sind, nicht ganz gering. In manchen dieser Fälle wurden keine Wiederbelebungsversuche gemacht, da die motorische Unruhe sowie das Umsichschlagen der Verletzten dies nicht zuließ. In einigen Fällen kehrten die sichtbaren Lebenszeichen wieder, bevor mit den Wiederbelebungsversuchen begonnen wurde. Soweit solche Versuche durchgeführt wurden, hatten sie nach wenigen Minuten Erfolg, doch kann niemand sagen, ob die Atmung nicht auch ohne künstliche Beatmung wiedergekehrt wäre.

[1]) 1 Torr = 1 mm Hg.

Beobachtungen bei elektrischen Hinrichtungen

Einen ganz besonderen Einblick in die Wirkung der Kopfdurchströmungen geben die ersten elektrischen Hinrichtungen. Als diese 1888 im Staate New York beschlossen wurden, hatte man nur die Erfahrung, daß beim Einwirken der damals höchsten Spannungen von 200 bis 300 V der Tod sofort eintritt. Die wenigen vorhergehenden Tierversuche hatten das gleiche Ergebnis. Man wandte aber in den ersten Jahren bis etwa 1900 eine höhere Spannung und damit eine höhere Stromstärke an, als sie bei Unfällen einwirken konnte, in der irrigen Voraussetzung, daß dadurch die tödliche Wirkung sicherer eintreten würde. Zur ersten Hinrichtung wurden 1680 V benutzt und der Strom 17 s lang am Kopf und am unteren Teil des Rückgrates zugeführt. Das Leben schien zunächst erloschen zu sein, doch traten einige Zeit nach dem Ausschalten Brustbewegungen als Zeichen des wiederkehrenden Lebens auf, worauf erneut, und zwar 90 s lang, nach anderen Angaben 2 min und 15 s lang, eingeschaltet wurde, bis sich Dampfwölkchen an den Elektroden zeigten. Hiernach traten keine Lebenszeichen mehr auf.

Auch bei den folgenden Hinrichtungen genügte niemals eine einzelne Kopfdurchströmung von 1450 bis 1750 V während 17 bis 50 s, um den Tod herbeizuführen; deshalb mußte stets mehrmals eingeschaltet werden. Selbst nach einem dritten Einschalten wurde in einem Falle noch der Puls gefühlt[2]).

Der spätere Amtsarzt des Sing-Sing-Gefängnisses A. O. Squire berichtet über die erste Hinrichtung, der er im Jahre 1900 beiwohnen mußte, daß 7mal die Spannung von 1450 V eingeschaltet wurde. Das Verfahren wurde erst geändert, als durch Tierversuche festgestellt war, daß 1 A den Tod in kürzester Zeit bewirkt. Die anzuwendende Spannung und Dauer wurde aber meist mehr oder weniger dem Elektriker überlassen. 1908 wurden nach den Angaben von Spitzka ohne Unterbrechung zunächst 1800 V während 5 bis 7 s, dann 200 bis 250 V zusammen bis insgesamt ½ min, darauf wiederum 1800 V während 3 bis 5 s und noch einmal die geringe Spannung angewendet, bis die gesamte Einschaltdauer 1 min betrug. Die Körpertemperatur stieg hierbei auf 48 bis 54 °C, und die Temperatur im Rückenmarkkanal betrug über 48 °C. Nach beendetem Einschalten hörten die Ärzte in einzelnen Fällen turbulente unkoordinierte Herzschläge. Gelegentlich der Hinrichtung, der ich selbst 1926 im Sing-Sing-Gefängnis beiwohnte, betrug die gesamte Einschaltzeit 41 bis 42 s, die sich nach Angabe des Elektrikers auf einige Sekunden zu Anfang und Ende auf eine Spannung von 2500 V und die übrige Zeit auf 250 V verteilen. Die Stromstärke bei der oberen Spannung betrug etwa 10 A. Nach Angabe des Amtsarztes wurde bei gleichgeartetem Hinrichtungsverfahren in früheren Fällen auch die Temperatur gemessen; sie betrug in der Nähe der Elektroden 58 °C.

Gelegentlich eines späteren Besuches im Sing-Sing-Gefängnis konnte ich im Jahre 1938 feststellen, daß mit dem Elektrotechniker auch das Verfahren gewechselt hatte, die Dauer des Einschaltens auf 2 min ausgedehnt wurde und dabei erhebliche Verbrennungen auftraten. Einen bestimmten Grund für das verlängerte Einschalten konnte mir der Elektrotechniker nicht angeben; er glaubte, ein sichereres Ergebnis damit zu erzielen. Der Chefarzt sagte mir, daß wohl ⅛ A zum Töten genüge, daß aber außerdem 12 bis 14 A bei 1800 bis 2200 V angewendet würden. Hierbei trete auch sofort Totenstarre (rigor mortis) des Halses und des Beines, auf dem eine Elektrode liegt, auf. Diese Starre sei aber durch die Gerinnung von Eiweiß in den Geweben infolge hoher Erwärmung verursacht.

Folgerungen und Gefahrlosigkeit der Kopfdurchströmungen

Überblickt man die physiologischen Ergebnisse der elektrischen Hinrichtungen, so beweisen sie, daß Kopf-

[2]) ETZ 47 (1926) S. 985.

durchströmungen von 8 bis 10 A und mehr selbst bei einer Dauer von 50 s nicht genügen, um eine dauernde und damit tödliche Atmungslähmung hervorzurufen. Das sind Zeiten, wie sie bei Unfällen nie vorkommen. Das bei diesen Stromstärken während des Einschaltens stillstehende Herz nimmt nach dem Ausschalten seine Tätigkeit wieder auf, und mit dem Blutkreislauf setzt allmählich die Atmung spontan wieder ein. Erst durch wiederholtes Einschalten wurde bei den Hinrichtungen vor 1900 das Atmungszentrum so erwärmt und dadurch anatomisch geschädigt, daß schließlich die Atmung endgültig aussetzen mußte. Das ist der Atmungstod, der auch im Tierexperiment bei Kopfdurchströmungen festgestellt, aber irrtümlich als primäre Wirkung des elektrischen Stromes gedeutet wurde. Die Beobachtungen bei den ersten elektrischen Hinrichtungen, bei denen noch Pausen zwischen den einzelnen Einschaltungen waren, haben auch gezeigt, daß nach der Stromeinwirkung zunächst keine Lebenszeichen zu erkennen sind und dann erst ganz schwach einsetzen. Tritt eine gleiche Erscheinung bei einem Unfall auf, so wird jeder, soweit er hierzu in der Lage ist, mit den Wiederbelebungsversuchen beginnen und wenn nach einigen Minuten die spontane Atmung bemerkt wird, dies als einen Erfolg seiner Bemühungen ansehen.

Nach den mir bekannten Fällen mit erheblichen Verbrennungen des Kopfes und starken Durchströmungen der Gehirnteile gibt es keinen primären Tod durch Atmungslähmung; denn dann müßte er in diesen Fällen so wie bei den ersten elektrischen Hinrichtungen mit ihren langen Einschaltungen eingetreten sein. Alle Erfahrungen sprechen gegen diese aus der Theorie geborene Annahme.

Was nun die vielfach gefundenen mikroskopischen perivaskulären Blutungen, Vakuolenbildung u. ä. im Atmungszentrum betrifft, so finden sich die erstgenannten auch bei vielen anderen Todesarten, z. B. in den Gehirnen Erhängter, Geköpfter und auch denen geschächteter Tiere. Sie sind also keineswegs auf elektrische Einwirkungen beschränkt. Die Vakuolenbildung ist wahrscheinlich eine Wärmewirkung; denn sie findet sich im Tierversuch nur bei längeren Einwirkungen.

Bereits in meinem Vortrag im Elektrotechnischen Verein in Berlin[3]) habe ich auf die gefahr- und schmerzlose Betäubung bei Kopfdurchströmungen hingewiesen. Seit einigen Jahren wird die Kopfdurchströmung sogar zum Behandeln der Schizophrenie mit Erfolg als Schockbehandlung durchgeführt. Die Patienten werden längere Zeit hindurch wöchentlich zweimal der sogenannten Elektro-Schockbehandlung ausgesetzt. Diese wird in der Weise durchgeführt, daß 300 bis 600 mA bei etwa 250 V Wechselspannung während 0,3 bis 0,8 s durch den Kopf geleitet werden. Die Patienten werden ohne jede Schmerzensäußerung bewußtlos und erwachen später aus der Bewußtlosigkeit ohne jede Erregung. Im Gegensatz zu der Schockbehandlung mit Insulin oder Cardiazol wehren sie sich nicht gegen die wiederholten elektrischen Kopfdurchströmungen. Die angewendeten Stromstärken sind unbedingt tödlich, sofern das Herz im Stromwege liegen würde, also bei Brustdurchströmungen. Da aber bei der Behandlung nur der Kopf betroffen wird, besteht keinerlei Lebensgefahr, und bisher ist auch noch über keinen Fall einer Atmungslähmung oder eines Atmungstodes dabei berichtet worden. Gäbe es einen durch elektrische Einwirkung hervorgerufenen Atmungstod, dann müßte er bei Kopfdurchströmungen auftreten.

Herzkammerflimmern als wahre Todesursache

Dagegen ist der Tod durch Herzkammerflimmern für den elektrischen Tod kennzeichnend, wenn dieser Zustand auch bei Kranzgefäßverschluß sowie gelegentlich in der Chloroformnarkose und sonst in der Klinik aufgetreten ist. Man suchte das Herzkammerflimmern durch die verschiedenen Wiederbelebungsverfahren nach Sylvester, Schäfer u. a. zu bekämpfen. Später wurden dann die intrakardialen Einspritzungen, schließlich der mechanische Gegenschlag, angewendet. Auf jedem internationalen Kongreß für erste Hilfe wurden neue Wiederbelebungsverfahren empfohlen und tagelang das Für und Wider behandelt, aber kein Arzt hat jemals versucht, über eigene Erfolge zu berichten. Wie aussichtslos unsere heutigen Wiederbelebungsverfahren beim Auftreten von Herzkammerflimmern sind, haben die Arbeiten von Koeppen[4]) gezeigt; ein Blutkreislauf kommt danach nicht mehr zustande.

Auf Grund der amerikanischen Versuche an Schafen[5]), die gewählt wurden, weil deren Körper- und Herzgewicht annähernd dem des Menschen entspricht, und an Hunden[6]) wissen wir heute, daß beim Auftreten von Herzkammerflimmern das Herz nur dann zum normalen Schlag zurückkehrt, wenn es zunächst zu einem vollkommenen Stillstand gebracht werden kann. Bereits Prévost und Batelli haben experimentell im Tierversuch gezeigt, daß das Herzkammerflimmern durch Einwirken hoher Stromstärken beseitigt werden konnte; eine zufriedenstellende Erklärung hierfür konnten sie aber nicht geben. Jedenfalls kommt es beim Einwirken einer hohen Stromstärke zu einem krampfhaften Stillstand aller Herzmuskelfibrillen, und nach Ausschalten des Stromes nimmt das Herz gleichmäßig seinen normalen Schlag wieder auf. Das flimmernde Herz kann auch durch chemische Mittel zum Stillstand gebracht werden. Die Schwierigkeit liegt dann aber in der Aufgabe, das das Herz lähmende Medikament aus diesem herauszuspülen und dann das Herz durch Einspritzen eines weiteren Mittels wieder zu neuem Schlagen zu bringen. Alles zusammen muß aber innerhalb weniger Minuten geschehen. Das zweite Verfahren hat Hooker[6]) mit Erfolg im Tierversuch durchgeführt. Wenn auch dieses Verfahren zum Wiederbeleben beim Menschen unanwendbar ist, so hat es insofern großen theoretischen Wert, als es zeigt, daß jede Hilfe beim Auftreten von Herzkammerflimmern nur über einen herbeigeführten Herzstillstand möglich ist. Jeder andere Herzreiz, wie intrakardiales Einspritzen von Cardiazol u. a., kann wohl vorübergehend das Flimmern verstärken, nicht aber beseitigen. Ebensowenig kann dies natürlich die künstliche Beatmung, gleich welcher Art, erreichen.

Versuche zum Bekämpfen des Herzkammerflimmerns

Über die wiederbelebende Wirkung des elektrischen Gegenschlages [Counter shock (C. S.) der Amerikaner], den zuerst Prévost und Batelli mit Erfolg angewendet haben, bestehen viel unrichtige Vorstellungen. Auch Jellinek hat diese Wiederbelebung empfohlen, ohne jedoch zu bemerken, daß die Forscher sehr große Stromstärken hierfür anwenden mußten. Er empfahl, die Spannung, unter der der Unfall eingetreten ist, erneut anzuwenden: Eine solche Maßnahme würde jedoch das Herzkammerflimmern erst hervorrufen, falls dieses noch nicht eingetreten war. Die Arbeiten von Ferris, Spence, King und Williams bestätigen die Ergebnisse der Batellischen Tierversuche und geben uns gleichzeitig die Größenordnung der erforderlichen Stromstärke, Dauer und die dabei anzuwendende Spannung an. Ihre Versuche bei einer an die Vorderpfoten angelegten Spannung von 3000 V zeigten, daß die Stromstärke von 4 bis 7 A nicht genügte. Besonders geformte Elektroden wurden zu beiden Seiten der Brust angelegt, um bei 3000 V und 25 bis 30 A während 0,1 s Dauer das Herzkammerflimmern zu beseitigen.

---

[3]) ETZ 54 (1933) S. 741.

[4]) S. Koeppen, Zur Frage der Todesursache beim elektrischen Unfall. Münchener mediz. Wochenschr. (1933) Nr. 46, S. 1815. Der elektrische Tod. ETZ 56 (1935) S. 835.

[5]) Ferris, K. Spence und Williams, Effect of electric shock on the heart. Electr. Engng. 55 (1936) S. 498.

[6]) Hooker, Chemical factors in ventricular fibrillation. Amer. J. Physiol. (1930) Nr. 3, S. 639.

Um festzustellen, ob etwa derartige Stromstärken bei einem regelrecht schlagenden Herzen auch Flimmern hervorrufen können, wurden je fünf Versuche an neun Schafen mit etwa 25 A und 0,06 s durchgeführt. In drei Fällen trat Herzkammerflimmern auf, wurde aber durch einen weiteren Schlag sofort wieder beseitigt. Kurzzeitige Schläge hoher Stromstärken können allerdings auch Herzkammerflimmern hervorrufen, wofür die Erklärung von den Forschern gegeben wurde. Bekanntlich bleibt ein Reiz, der das Herz in der Phase der Zusammenziehung trifft, unwirksam, auch wenn er noch so stark ist. Erst allmählich beim Erschlaffen kann ein elektrischer Reiz auf das Herz wirken. Im Elektrokardiogramm fällt dies etwa mit der T-Zacke zusammen und umfaßt etwa 20 % des ganzen Herzschlages. Innerhalb dieser Zeit der Reizbarkeit des Herzmuskels ändert sich die Stromstärke, die notwendig ist, um das Flimmern zu erzeugen, mit der Dauer der Einwirkung. Bei einer Dauer von 0,1 s und weniger wird mehr als die 10fache Stromstärke benötigt als bei einer Zeit von 1 s oder mehr. Die Empfindlichkeit des Herzens zum Flimmern für kurze Schläge von 0,1 s und weniger wächst zunächst mit der Stromstärke und vermindert sich dann wieder; sie wird für Stromstärken von etwa 25 A bei der Lage der Elektroden an beiden Seiten der Brust gering. Bei einer Dauer der Stromeinwirkung von 1 s genügen bei Herzen von der Größe des menschlichen schon Stromstärken unter 0,1 A, um Herzkammerflimmern zu erzeugen, wie die mit den Tierversuchen übereinstimmenden Erfahrungen aus Unfällen beweisen. Bei tödlich verlaufenen elektrischen Unfällen aus Anlaß von sehr kurzzeitigen Einwirkungen sind nachweislich hohe Stromstärken aufgetreten.

60 % aller Versuchstiere, bei denen Herzkammerflimmern aufgetreten war, konnten durch den elektrischen Gegenschlag wiederbelebt werden. Dieser muß aber, um erfolgreich zu sein, sofort innerhalb weniger Minuten angewendet werden. Diese Zeit kann durch Einspritzen bestimmter Medikamente verlängert werden, doch wird hiermit nichts gewonnen, da andere lebenswichtige Organe, vor allem das Gehirn, absterben, wenn der Blutkreislauf über einige Minuten stillsteht.

Der Anwendung des elektrischen Gegenschlages zur Wiederbelebung elektrisch Verunglückter stehen kaum zu überwindende Schwierigkeiten entgegen. 3000 V mit den erforderlichen Schaltern für 25 bis 30 A sind wohl nur selten an den Unfallstellen vorhanden. Selbst wenn es der Fall wäre, könnte zu deren Anwendung kaum in wenigen Minuten die erforderliche Schaltung hergerichtet werden. Aber wer würde es dann schließlich wagen, einen Menschen an 3000 V anzuschließen?

Unsere Arbeiten zur Verbesserung der Wiederbelebungsverfahren werden wahrscheinlich zunächst auf die Durchforschung der Wirkung bekannter Herzmittel gerichtet sein müssen. Neben dem Azetylcholin, das Hooker verwendet hat, gibt es noch viele andere Mittel, die das Herz hemmen, z. B. Muskarin. Zum Anregen eines stillstehenden Herzens ist z. B. Atropin bekannt. Außer Hooker haben andere ähnliche Versuche, z. B. mit Kokain, gemacht, allerdings ohne einen sicheren Erfolg zu erzielen. Hoffen wir, daß es unseren Forschern gelingt, die richtigen Mittel zu finden und die Verfahren so zu gestalten, daß sie auch beim Menschen anwendbar sind.

Auch der mechanische Gegenschlag, der Faustschlag auf die Herzgegend, also eine Herzerschütterung, wurde empfohlen und ist von Klinikern in einigen Fällen mit Erfolg beim Auftreten von Herzkammerflimmern am Krankenbett angewendet worden. Hierbei sei an die König-Maaßsche Herzmassage erinnert. Allerdings ist das Flimmern nach elektrischen Einwirkungen doch wohl schwerer zu beseitigen als das am Krankenbett auftretende. Englische Forscher haben entsprechende Versuche mit Katzen gemacht; sie riefen an diesen Tieren Herzkammerflimmern hervor und warfen sie dann, um eine Herzerschütterung zu erzielen, auf die Erde. In allen Fällen blieb das Flimmern bestehen.

Die Ursache des Herzkammerflimmerns kennt man noch nicht. Erklärungen gibt es mehrere, von denen eine erwähnt sei, die allerdings auch nicht voll befriedigt. Die Amerikaner nehmen an, daß beim Erschlaffen des Herzens nicht alle Fibrillen des Herzmuskels gleichzeitig, sondern nacheinander erregbar werden. Trifft nun ein geringer Strom das Herz und überdauert die Zeit der Erschlaffung, so ziehen sich die einzelnen Fibrillen je nach dem Stand der Erregbarkeit der Reihe nach zusammen. Aus diesem Grunde kann es nicht mehr zum geordneten Zusammenziehen aller Fibrillen des Muskels kommen.

Zusammenfassung

Aus den vorstehenden Ausführungen ergibt sich, wie unbefriedigend die bisherigen Ergebnisse der Wiederbelebungsverfahren und wie notwendig weitere Forschungen auf diesem Gebiete sind. Bis diese aber zu einem Ergebnis kommen, müssen wir, um überhaupt etwas zu tun, die Wiederbelebungsversuche nach elektrischen Unfällen so weiterführen wie bisher, d. h. nach dem Verfahren von Sylvester. Geschadet kann hiermit niemals werden. Die Wiederbelebungsversuche sollen mindestens 2 h lang durchgeführt werden, wenn nicht vorher auch dem Laien erkennbare Lebenszeichen auftreten.

Schutzarmaturen für Hochspannungsisolatoren

Von **A. Roggendorf VDE**, Bitterfeld

DK 621.315.62

Übersicht. Überschläge infolge auftretender Überspannungen oder Verschmutzungen von Isolatorenoberflächen führen häufig zur Beschädigung des Porzellans; gegen diese schädliche Auswirkung sind verschiedene Schutzmaßnahmen in Form von Schutzarmaturen bekannt. An einer Reihe von Beispielen solcher Armaturen, die allerdings keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, wird die Wirkungsweise beschrieben und schließlich eine Neukonstruktion erläutert, die auf Grund praktischer Beobachtungen bei Versuchen und im Betrieb entwickelt und angewendet wurde.

1. Parallelfunkenstrecken

Schutzarmaturen sind in mannigfacher Art und verschiedener Wirkungsweise seit langem bekannt. Die einfachste Art solcher Armaturen stellen Parallelfunkenstrecken nach Bild 1 dar. Diese sollen auf einfache Weise einen Überspannungsschutz der Anlage bilden. Sie werden häufig an Transformatorendurchführungen, Kabelendverschlüssen und Schaltern angebracht, um innere Überschläge oder Überschläge an der Oberfläche der Isolatoren infolge von Überspannungen, vornehmlich atmosphärischer Ursache, zu vermeiden[1]).

Zündet infolge einer Überspannung die Parallelfunkenstrecke, so ist nicht immer gewährleistet, daß der Lichtbogen nicht das Porzellan des Isolators beschädigt. Zu diesem Zweck sind konstruktive Vorkehrungen zu treffen, die ein Fernbleiben des Lichtbogens vom Porzellan

[1]) Die Wirksamkeit solcher Überspannungsschutzeinrichtungen ist umstritten. Eine Erörterung diesbezüglicher Fragen ist jedoch hier nicht beabsichtigt.

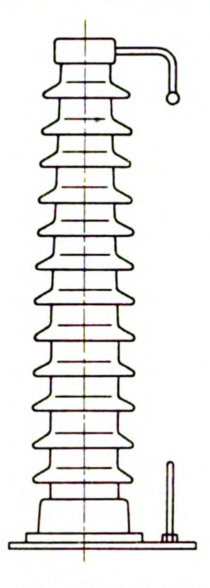


Bild 1. Stützer mit Parallelfunkenstrecke.

erzwingen. Entsprechende Maßnahmen sind weiter unten in den Abschnitten 3, 5 und 6 behandelt. Überschläge infolge leitender Oberfläche der Isolatoren, z. B. durch Schmutz und Nebel, entwickeln sich längs der Oberfläche der Isolatoren und bedingen somit Lichtbogeneinwirkungen auf das Porzellan, besonders an den Fußpunkten am Kopf und Fuß des Isolators. Auch bei kurzen Gesamtabschaltzeiten des Kurzschlußstromes werden daher oft die oberen und unteren Schirme des Isolators zerstört, wie es beispielsweise aus Bild 2 und 11 zu ersehen ist.

Parallelfunkenstrecken, die nur an einer Stelle des Isolators wie nach Bild 1 angebracht sind, stellen also diesen Oberflächenüberschlägen gegenüber keinen Schutz dar, außer wenn der Oberflächenüberschlag gerade zufällig auf der Verbindungslinie der beiden Hörner der Funkenstrecke entsteht, so daß er durch magnetische Einflüsse auf die Funkenstrecke übergehen kann[2]). Oberflächenüberschläge an anderen Stellen führen somit zu Beschädigungen, sofern die Kurzschluß- oder Erdschlußstromstärke genügend groß ist. Dies bezieht sich zunächst zwar nur auf lotrechtstehende Stützer; doch sind die Verhältnisse bei waagerechtliegenden Isolatoren nicht viel anders. Es genügt z. B. durchaus nicht, an der Oberseite von waagerechten Isolatoren beispielsweise Funkenstrecken nach Art von Bild 1 anzubringen, um Auswirkungen von Oberflächenüberschlägen auf das Porzellan zu verhindern.

Nach einer weitverbreiteten Ansicht führt der thermische Auftrieb den Lichtbogen nach oben zur Funkenstrecke; der Einfluß des thermischen Auftriebes von Lichtbögen darf jedoch nicht allzu hoch eingeschätzt werden. So zeigt Bild 2 eine Durchführung ohne Parallelfunkenstrecke, an der an der Unterseite ein Oberflächenüberschlag gezündet hat. Dieser hat, wie das Bild zeigt, so erhebliche Porzellanschäden verursacht, daß die Durchführung ausgewechselt werden mußte. Der thermische Auftrieb ist also nicht immer in der Lage, die Lichtbogenfußpunkte schnell genug weiterzubewegen. Bei Strömen von etwa 500 A ab überwiegt die magnetische Blaswirkung, so daß also die Lichtbogenwanderung von der Energierichtung abhängt.

[2]) Auch dann werden Porzellanschäden nicht sicher verhindert.

Hieraus ist zu entnehmen, daß Parallelfunkenstrecken nach Bild 1 für lot- und waagerechte Stützer nichts gegen die Auswirkungen von Oberflächenüberschlägen nützen und nur einen groben Überspannungsschutz darstellen, wobei Beschädigungen des Porzellans auch infolge von Überspannungsüberschlägen nicht sicher vermieden werden.

2. Lichtbogenhörner

Eine Abart der Parallelfunkenstrecke stellen sogenannte Lichtbogenhörner oder beim Vorhandensein mehrerer Hörner Hornkreuze nach Bild 3 dar. Bezüglich ihres Verhaltens gegen Überspannungsüberschläge ist entsprechend der Ausführung nach Bild 1 nichts Neues zu sagen, da auch hier die kürzeste Schlagweite zwischen den Hörnern die Überspannung grob begrenzt. Der so gezündete Lichtbogen nimmt aber infolge der voneinander weggerichteten Hörnerenden häufig große Längen an, wodurch unter Umständen benachbarte spannungführende Teile erreicht werden können.

Das Verwenden solcher Hörner verbietet sich also dadurch z. B. in Schaltanlagen, in denen die Annäherung der Phasen erheblich größer ist als auf Freileitungen. Gegen Oberflächenüberschläge schützen Hörner nur dann, wenn sie genügend zahlreich am Umfang des Isolators vorhanden sind. Nur ein Horn an jedem Ende des Isolators, etwa nach Bild 4 angebracht, hat keinen größeren Schutzwert als eine einfache Parallelfunkenstrecke. Nach Bild 3 wird der Lichtbogen vom Isolator weggetrieben. Dies geschieht aber häufig in recht willkürlicher Weise, wie Bild 4 zeigt. In diesem Falle verließ der Lichtbogen das Horn an der geerdeten Seite des Isolators und lief an der Eisenkonstruktion nach oben weiter.

In gleicher Weise wie bei den Parallelfunkenstrecken nach Abschnitt 1 schützen Hörner an der Oberseite von waagerechten Isolatoren nicht gegen Oberflächenüberschläge, die an der Unterseite des Isolators entstehen. Dabei soll nicht bestritten werden, daß durch Wind oder thermischen Auftrieb, besonders nach längeren Brenndauern, auch einmal ein solcher Lichtbogen an die Hörner gelangen kann. Aber auch in solchen Fällen ist der Isolator meistens zerstört, zumal in Netzen mit großen Kurzschlußströmen.

3. Hörner mit besonderer Richtwirkung

Seit einiger Zeit werden Schutzfunkenstrecken nach Bild 5 verwendet. Sie sind in gleicher Weise wie die Ausführungen nach Abschnitt 1 und 2 ein grober Schutz gegen Überspannungen. Zusätzlich ist aber dafür gesorgt, daß der Lichtbogen eine minimale Länge erreicht, wie es in Bild 5 dargestellt ist. Erreicht wird dies durch Rückwirken des eigenen Magnetfeldes auf den Lichtbogenverlauf. Das Magnetfeld des Kurz- oder Erdschlußstromes ist längs der geradlinigen Hornenden senkrecht zur Hornachse und tangential

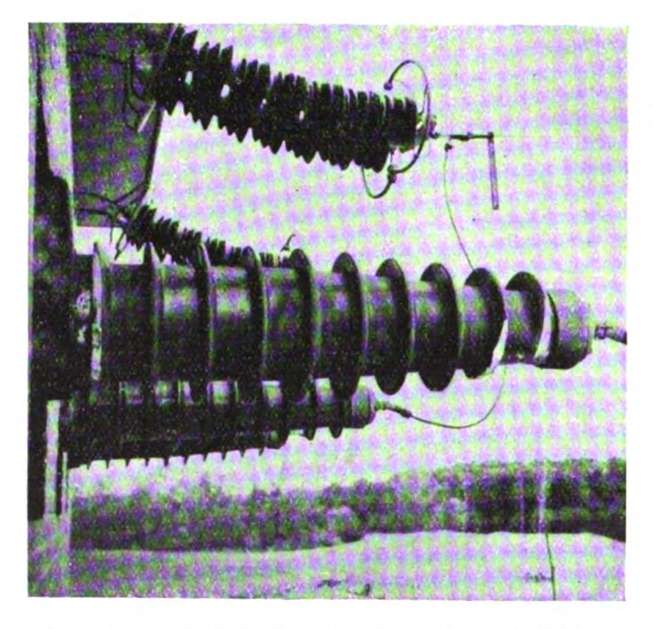


Bild 2. Durch Oberflächenüberschlag zerstörte 100 kV-Durchführung.

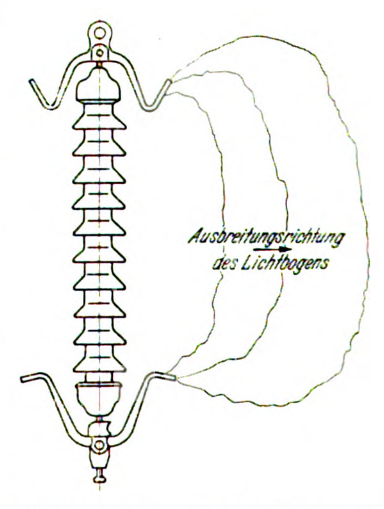


Bild 3. Hornkreuz für Langstabisolatoren.

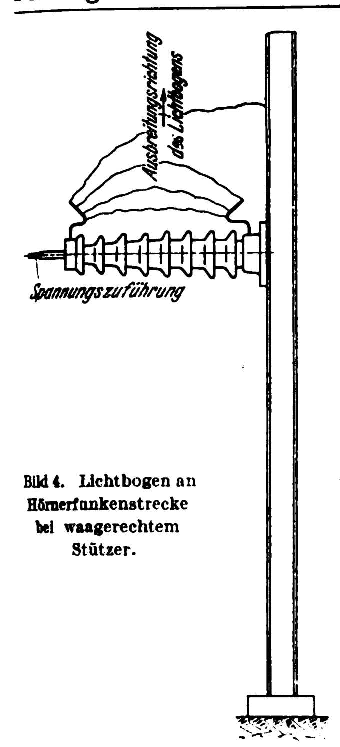


Bild 4. Lichtbogen an Hörnerfunkenstrecke bei waagerechtem Stützer.

zu Kreisen um die Hornachse gerichtet, da die magnetischen Kraftlinien kreisförmig um die Leiterachse verlaufen. Würde nun der Lichtbogen am Hornende von der Hornachse abweichen, so entstände an der Knickstelle im Innern des Winkels eine Feldverstärkung und im Außengebiet des Winkels eine Feldschwächung. Dadurch entsteht eine Kraft, die den Lichtbogen in die Hornachse zurückdreht. Der Lichtbogen wird also magnetisch gezwungen, in Richtung der Hornachse weiterzubrennen. Ein Lichtbogen dieser Art brennt erheblich stabiler als Lichtbögen zwischen Hörnern anderer Konstruktion, z. B. nach Bild 1, 3 oder 4. Seine äußere Erscheinungsform bei großen Stromstärken von 1000 bis 4000 A ist etwa mit Gasflammen zu vergleichen, die dann entstehen, wenn ein brennbares Gasgemisch unter hohem Druck brennend aus Rohren herausströmt, die die gleiche Richtung wie die Hörner in Bild 5 haben.

Der besondere Vorteil solcher Hörner liegt also darin, daß entstehende Überspannungsüberschläge zu Lichtbögen führen, die stabil und mit geringer Länge in verhältnismäßig eng umgrenztem Raum brennen, bis abgeschaltet ist. Dabei wird der Lichtbogen gezwungen, sich vom Isolator abzuwenden, so daß Porzellanbeschädigungen vermieden werden. Bezüglich des Schutzes gegen Auswirkungen von Oberflächenüberschlägen sind den Ausführungen nach Bild 5 keine andere Eigenschaften als den vorher unter 1 und 2 beschriebenen Armaturen zuzurechnen.

Von allen bisher und auch von den im folgenden beschriebenen Schutzarmaturen darf nicht erwartet werden, daß durch sie eine Lichtbogenlöschung stattfindet. Dieses muß durch Abschalten des Kurzschlusses oder durch Löschen des Erdschlußstromes mit Kompensationseinrichtungen geschehen.

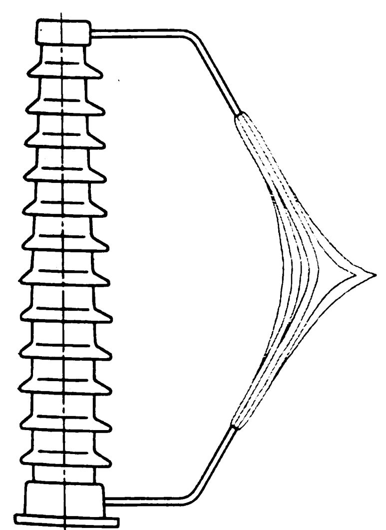


Bild 5. Aufeinander zu- und vom Isolator abgewandte Lichtbogenhörner.

4. Schutzringe

Eine weitere Art von Schutzarmaturen stellen Ringe nach Bild 6 dar. Solche Schutzringe werden häufig bei Isolatorenketten in Höchstspannungsleitungen verwendet; ihre Wirkung bei Überspannungen ist ähnlich wie bei den bisher beschriebenen Schutzarmaturen und hängt von der Schlagweite zwischen den Ringen ab. Beim Verwenden solcher Ringe an Freileitungs - Isolatorenketten wird praktisch bei Überschlägen aller Art ein Überspringen des Lichtbogens von den Ringen nach den Leiterseilen und Mastteilen vermieden; darin besteht wohl ihre Hauptbedeutung. Nicht sicher verhindern die Schutzringe Beschädigungen der Isolatoren, besonders bei Oberflächenüberschlägen. Der Lichtbogen löst sich zwar an beiden Enden der Kette von den Kappenisolatoren schnell ab und springt auf den Ring über, doch bleibt er meistens etwa in der Mitte der Kette stehen und brennt ungefähr in der Weise, wie es in Bild 6 dargestellt ist.

In einem 100 kV-Netz wurden beinahe an sämtlichen Ketten, die infolge von Schmutz- und Nebeleinwirkung überschlugen, etwa in Kettenmitte Isolatoren beschädigt, so daß sie ausgewechselt werden mußten. Trotz der Beschädigungen waren aber die Ketten mechanisch noch so fest, daß die Leiterseile nicht herabfielen. Schäden dieser Art kamen ausnahmslos bei Hängeketten vor.

Ein Lichtbogen an geschlossenen Ringen nach Bild 6 brennt im übrigen unruhig und tanzt häufig am Umfang der Ringe hin und her, ohne eine bestimmte Richtung einzunehmen. Der Grund dafür wird weiter unten näher erläutert. Geschlossene Ringe ähnlich Bild 6 werden auch häufig bei Höchstspannungsgeräten, z. B. Strom- und Spannungswandlern sowie Überspannungsableitern, zum Zwecke einer bestimmten Steuerung des elektrischen Feldes an den Isolatorenenden benutzt.

Bei knapp bemessenen Isolatoren ist ein Vorteil von vorgeschobenen Ringen auch gegenüber der Einleitung von Oberflächenüberschlägen zu verzeichnen, z. B. konnte an einer Anlage, deren Stützisolatoren mit Ringhörnern nach Bild 8 ausgerüstet sind, bei Nebel kein Entladungsgeräusch festgestellt werden. Einige wenige Isolatoren der Anlage waren jedoch mit den Armaturen noch nicht versehen und befanden sich im gleichen Zustand. An ihnen waren erhebliche Entladungsgeräusche zu hören. Also ist anzunehmen, daß durch geeignetes Anbringen von Ringen Entladungen, die von den metallenen Fassungen der Isolatoren vorwachsen, erheblich unterdrückt werden können.

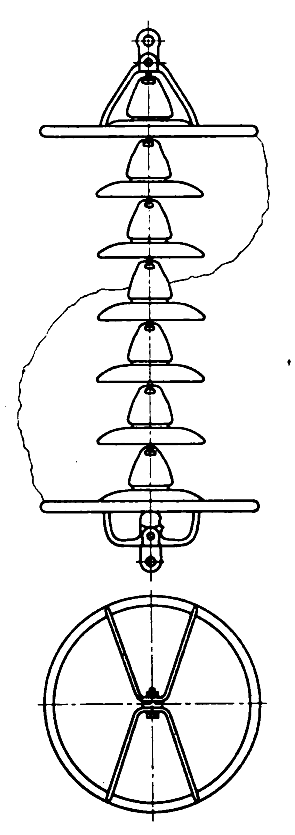


Bild 6. Schutzringe an Kappenisolatorenkette.

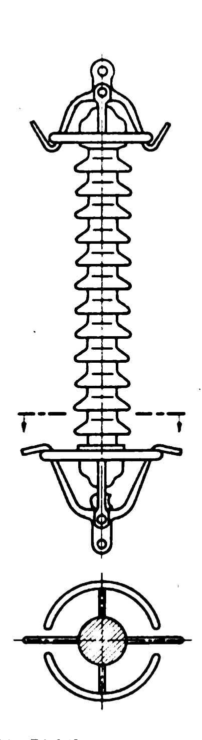


Bild 7. Lichtbogenarmaturen mit geschlitzten Ringen und voneinander abgewandten Hörnern für Langstabisolatoren.

5. Schlitzringe[3])

Als Verbesserung von normalen Ringarmaturen nach Bild 6 sind vor einiger Zeit Ringe nach Bild 7 bekannt geworden[4]). Bei diesen Ringen ist als wesentliches Merkmal festzustellen, daß der Ring zweimal geschlitzt ist und daß jeder Ringteil nur eine Stütze besitzt. Ein Lichtbogen, der seinen Fußpunkt an irgendeiner Stelle des Ringes hat, wird magnetisch von der Stütze weggetrieben und läuft dem Ringschlitz zu. Bei geschlossenen und mehrfach gehaltenen Ringen teilt sich der Strom vom Lichtbogenfußpunkt nach entgegengesetzten Richtungen am Ring auf; eine eindeutige und kräftige magnetische Beeinflussung ist also nicht möglich, da nur das Differenzfeld wirksam ist. Inmitten des Schlitzes ist ein Horn angebracht; auf dieses springt der Lichtbogen über. Das Verhalten des Lichtbogens, wenn er am Horn angekommen ist, ist das gleiche wie in Bild 3.

Die Lichtbogenwanderung am Ring kommt dadurch zustande, daß Lichtbogenstrom und die Fortsetzung dieses Stromes im Ring am Fußpunkt einen Knick bilden, so daß dort im Innern des Winkels wieder eine Feldverstärkung vorkommt und im Äußeren eine Feldschwächung. Die Bewegungsrichtung des Lichtbogens ist dann wieder senkrecht zur elektrischen Feldstärke im Lichtbogen und gleichzeitig senkrecht zur resultierenden magnetischen Feldstärke, d. h. also, wie oben erwähnt, der Lichtbogenfußpunkt wird nach dem Ende des Ringes bzw. von der Stütze weggetrieben. Schiebt man Armaturen nach Bild 7 genügend weit vor, sind außerdem die Ringe einerseits so eng, daß ein von der Kappe des Isolators ausgehender Oberflächenüberschlag zum Ring übergehen kann, und ist anderseits der Ring groß genug, um Lichtbogenfußpunkte mit ihrer hohen Erwärmung vom Porzellan genügend weit fernzuhalten, dann sind solche Armaturen ein wirksamer Schutz gegen Porzellanschäden bei Überschlägen aller Art.

Bei Ketten aus Kappen- oder Vollkernisolatoren ist jedoch mit Sicherheit ein Porzellanschaden, auch beim Verwenden von Armaturen nach Bild 7, nicht zu verhüten, da Teillichtbögen bis zu Kappen in der Mitte der Kette gehen können, so daß nur ein Fußpunkt des Lichtbogens in der beabsichtigten Weise beeinflußt wird. Bei Langstabisolatoren und Stützern ohne Zwischenarmaturen dagegen dürften diese Schlitzringe Porzellanschäden mit Sicherheit vermeiden.

6. Ringhörner

Die Schlitzring-Armaturen nach Bild 7 haben jedoch noch den Nachteil, daß entsprechend Abschnitt 2 bei den Hörnern im Schlitz des Ringes Lichtbögen größerer Länge entstehen, die im übrigen auch nicht stabil brennen. Bei den großen Phasenabständen auf Freileitungen mögen daher Schlitzringe nach Bild 7 bei Langstäben vollkommen zufriedenstellend arbeiten. In Schaltanlagen muß jedoch darauf geachtet werden, daß entstehende Lichtbögen einmal ein geringes Ausmaß annehmen und zweitens auch möglichst stabil brennen. Ferner ist besonders in Schaltanlagen ein Lenken des Lichtbogens nach solchen Stellen wichtig, an denen er keinen Schaden anrichten kann.

Bei Versuchen stellte es sich daher als günstig heraus, Armaturen nach Bild 8 zu verwenden. Diese Armaturen bestehen aus lyraförmigen Rohren, die nur eine einzige Stütze besitzen, die mit der Isolatorenkappe verbunden ist. Nach den obigen Ausführungen ist es verständlich, daß der einmal am Ring befindliche Lichtbogenfußpunkt in Richtung auf die Hörner an den beiden Ringenden getrieben wird und an den Hörnern selbst stabil brennt, wie es in Abschnitt 3 von den dort beschriebenen Hörnern berichtet wird. Dabei ist darauf zu achten, daß die Armaturen den Isolatorkopf und -fuß eng genug umschließen, um Oberflächenentladungen auf den Ring übergehen zu lassen.

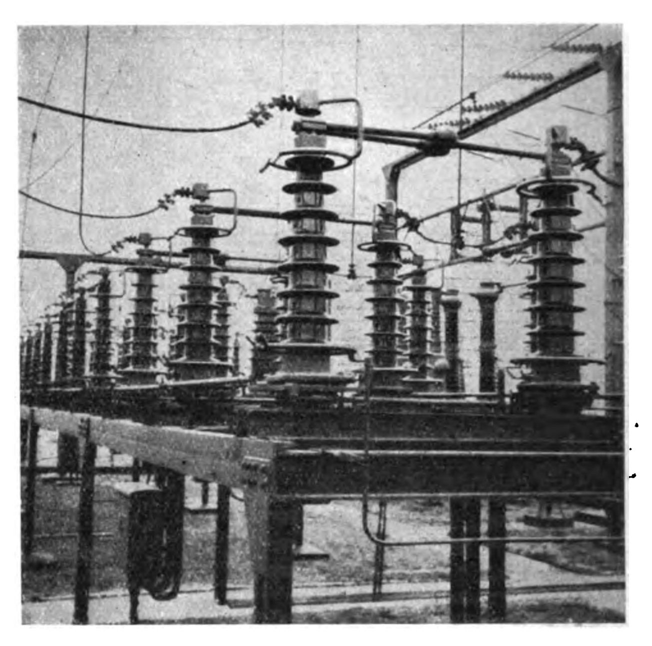


Bild 8. 100 kV-Trennschalter mit Ringhörnern.

Falls es zweckmäßig ist, den Lichtbogen nicht nach einer Seite, sondern wahlweise etwa nach zwei Richtungen zu treiben, können auch Ringhörner verwendet werden, die zwei Öffnungen und damit auch insgesamt zwei Stützen besitzen. An jedem Ringende muß dann allerdings ein gerades Horn vorhanden sein. Bei großen Isolatoren werden Ringe oder Ringteile oft so schwer, daß eine einzige Stütze keinen genügenden Halt bietet. In solchen Fällen können auch mehrere Stützen angebracht werden, die aber durch ein Isolierzwischenstück unterbrochen sein müssen. Die Hörner sind zweckmäßigerweise um etwa 45° gegen die Isolatorenachse zu neigen. Der Lichtbogen wird dann bei Überschlägen etwa in Richtung der Katheten eines gleichschenkligen Dreiecks brennen, ohne sich allzu weit vom Isolator zu entfernen, jedoch genügend weit, um schädliche Temperatureinflüsse auf das Porzellan zu vermeiden.

Aus wiederholten Versuchen und den Beobachtungen von Überschlägen in einem 100 kV-Netz muß gefolgert werden, daß für die sichere Abgrenzung des Raumes, in dem der Lichtbogen brennen soll, die Erzeugung eines wirksamen elektrischen Feldes an den Hörnerspitzen notwendig ist. Wird dieses elektrische Feld durch zu geringe Länge oder durch ungünstige Richtung der Hörner oder auch durch zu nahe an den Hörnern befindliche sonstige leitende Teile (Seil, Ringe, Mastteile) verzerrt oder zu klein gehalten, dann ist damit zu rechnen, daß der Lichtbogen zwar durch Leitringe an die Hörner gebracht wird, von dort aber wieder nach Durchgang des Stromes durch Null an andere Stellen höherer elektrischer Feldstärke zurückspringt, und so mehrere Male innerhalb einer oder mehrerer Sekunden hin- und herwandert. In solchen Fällen ist es dann nicht möglich, kleine Lichtbogenlängen in genau bestimmten Räumen zu erzielen.

Zwei durch Schmutz besonders gefährdete Stationen wurden daher mit solchen Ringhörnern ausgerüstet. Während der frostfreien Perioden sind diese Stationen durch fest eingebaute Regenanlagen gegen zu starke Verschmutzung geschützt[5]); bei längeren Frostperioden können diese Regenanlagen wegen der Vereisungsgefahr der Station nicht benutzt werden, so daß die Schmutzniederschläge dann nicht beseitigt werden können. Solange sich

[3]) Diese Armaturen werden von ihren Erfindern als Ringhörner bezeichnet. Die Bezeichnung Schlitzringe soll zur besseren Unterscheidung von den unter 6. beschriebenen, ebenfalls als Ringhörner bezeichneten Armaturen dienen.

[4]) Geschaffen wurden diese Armaturen von der Arbeitsgemeinschaft BBC, Hescho, Rosenthal und Stemag. Vgl. H. Ziegler, Neue Erkenntnisse über den Lichtbogenschutz von Freileitungsisolatoren. ETZ 62 (1941) H. 13, S. 325 u. H. 14, S. 345.

[5]) Vgl. A. Roggendorf, Reinigung von Höchstspannungsanlagen unter Spannung, ETZ 61 (1940) S. 823.

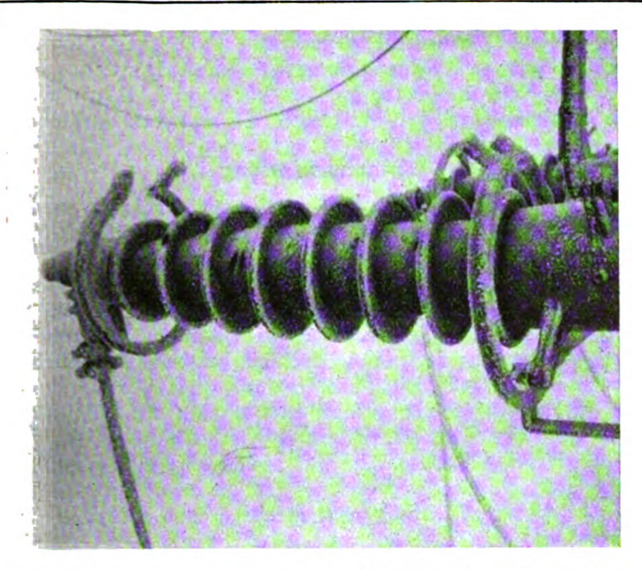


Bild 9. Vereister und verschmutzter 100 kV-Trennschalterstützer mit Ringhörnern.

Eis auf den Isolatoren befindet (vgl. Bild 9), ist keine Gefahr vorhanden. Wenn der Frost langsam während ein bis zwei Tagen zurückgeht, taut das Eis und der Rauhreif genügend langsam ab, ohne allzu starke Entladungserscheinungen bzw. Überschläge zu bewirken. Sofern Porzellan- und Eisenteile der Station nicht zu stark unterkühlt sind, können bei Außentemperaturen von etwa 0° die Regenanlagen wieder in Betrieb gesetzt werden und Schmutz- und Eisreste gefahrlos beseitigen. Steigt aber die Temperatur von niederen Graden schnell über Null, so daß die verschmutzten Eisschichten schnell auftauen, so sind leicht Schmutzüberschläge möglich.

Die geschilderten Ringhörner sollen nun bewirken, daß Porzellanschäden vermieden werden. Dies wird auch erreicht. Aus Bild 10 ist ersichtlich, daß das Eis an den Isolatoren vor dem Überschlag durch Vorentladungen abgeschmolzen war. Der Beginn des Abschmelzens infolge von Vorentladungen konnte deutlich beobachtet werden.

Die Überschläge bei dem Isolator auf Bild 10 konnten aus nächster Nähe beobachtet werden. Die vorher in gleicher Weise wie in Bild 9 mit Rauhreif überzogenen Isolatoren tauten vom Isolatorkopf beginnend ab, dabei sprangen auch schon Vorentladungen zwischen dem Isolatorkopf und dem zweiten und dritten Schirm sofort nach Entstehen auf das Ringhorn über, liefen mit einem Fußpunkt bis zum Horn und mit dem anderen Fußpunkt auf den betreffenden Isolatorschirm in gleicher Richtung; dann verlöschten sie wieder. Neue Entladungen entstanden. Darauf begannen auch Entladungen von der geerdeten Seite des Stützers her. Diese verhielten sich in gleicher Weise. Schließlich entstanden an zwei Stützern

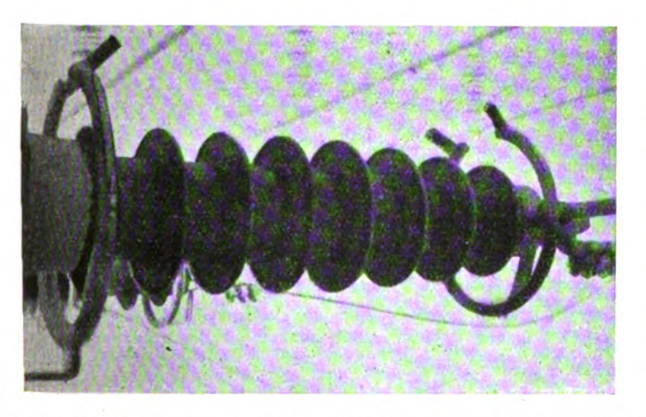


Bild 10. 100 kV-Trennschalterstützer mit Ringhörnern nach erfolgtem Überschlag.

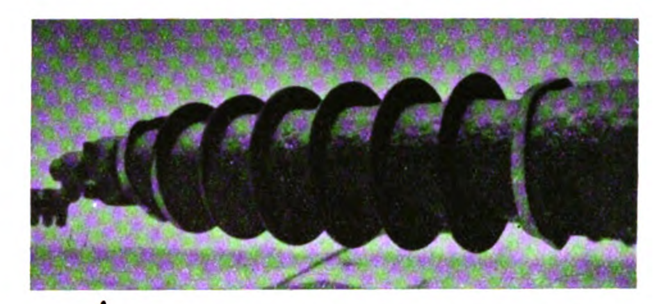


Bild 11. Beschädigter 100 kV-Trennschalterstützer ohne Ringhörner nach erfolgtem Überschlag.

verschiedener Phasen, die jedoch räumlich nicht benachbart angebracht waren, gleichzeitig Teillichtbögen, die zum Doppelerdschluß führten. Der Überschlag begann an den betreffenden Stützern (vgl. Bild 10) seitwärts unten, wurde dann durch magnetisches Beeinflussen, wie deutlich an den Lichtbogenspuren zu sehen ist, nach den Hörnern getrieben und blieb danach stabil an den Hörnern stehen.

Der entstandene Doppelerdschluß wurde nach einer Gesamtschaltzeit von 0,35 s abgeschaltet und kann etwa eine Stromstärke von 4000 A als Abschaltstromstärke besessen haben. Porzellanschäden waren bei diesem Vorgang und einem gleichen, der kurz vorher an anderer Stelle eingetreten war, nicht zu beobachten[6]). Auch geringfügige Schmelzperlen an der Glasur waren nicht feststellbar, so daß die Schutzwirkung der beschriebenen Armaturen eindeutig bewiesen ist.

In der gleichen Station waren in früheren Jahren zahlreiche Überschläge aus obengeschilderter Ursache aufgetreten. In jedem Falle sind früher dadurch Porzellanschäden entstanden. Ein Beispiel hierfür zeigt Bild 11. Bei dem abgebildeten Stützer sind zwei obere und ein unterer Schirm beschädigt worden, so daß ein Auswechseln unbedingt erforderlich wurde.

Gegen die geschilderten Ringhörner könnte eingewendet werden, daß bei kleinen Erdschluß- bzw. Doppelerdschluß- oder Kurzschlußströmen die magnetische Beeinflussung des Lichtbogens nicht stattfindet. Demgegenüber ist aber zu sagen, daß auch verhältnismäßig kleine Ströme den magnetischen Beeinflussungen folgen, wie es oben bereits beim Schildern der Vorentladung beim Überschlag erwähnt wurde. Die Größe des Stromes der Vorentladung, die zwischen dem Isolatorkopf und dem ersten bzw. zweiten oder dritten Schirm vorhanden war, kann nicht sicher angegeben werden; doch handelte es sich um lichtbogenähnliche Vorentladungen. Der Lichtbogen hatte den Durchmesser von 10 mm und brannte mit rötlichgelbem Licht. Die Vorentladungen mit geringeren Stromstärken in Form von Stielbüscheln lösten sich in der Regel nicht von den Isolatorenoberflächen, hatten aber auch keinen schädlichen Einfluß auf sie, wie die Besichtigung des Stützers nach dem Überschlag ergab.

Demnach besteht kein besonderes Interesse, Armaturen etwa mit Rücksicht auf kleine Vorentladungen oder Erdschlußrestströme zu konstruieren. Das Hauptgewicht ist vielmehr für die Praxis auf die sichere Lenkung stromstarker Lichtbögen zu legen. Die obigen Ausführungen beweisen, daß dieses bei den geschilderten Ringhörnern mit aufeinander zugerichteten Hörnern vollauf gelungen ist. Dabei ist besonders mit Rücksicht auf das zuletzt Angegebene zu betonen, daß die Lichtbogenlenkung auch schon bei verhältnismäßig kleinen Strömen beginnt.

Bei Isolatoren mit Zwischenarmaturen aus Metall, z. B. bei Ketten aus Vollkern- oder Kappenisolatoren, dürfen Ringhörner mit vom Isolator weg- und gegeneinander gerichteten Hörnern nur einen Schlitz im Ring haben. Nur dann besteht die Aussicht, daß der Lichtbogen — falls er

[6]) Bisher wurden Porzellanschäden durch Überschläge an insgesamt sieben Stützern vermieden.

anfangs ähnlich Bild 6 verläuft — nach Ablenkung beider Teillichtbögen in gleicher Richtung sich von der Zwischenarmatur löst und ohne Berührung mit der Kette weiterbrennt.

Man könnte befürchten, daß die Abbrände an den Hornenden verhältnismäßig groß sind. Manche Konstruktionen vermeiden großen Abbrand, indem der Lichtbogenfußpunkt beispielsweise zur Drehung auf einer Elektrode gezwungen wird[7]). Doch haben solche Einrichtungen den Nachteil, daß der Lichtbogen nicht so stabil brennt wie bei den zylinderförmigen Hörnern der zuletzt beschriebenen Armaturen.

Bei den obenbeschriebenen Kurzschlüssen von etwa 4000 A Abschaltstromstärke und einer Gesamtabschaltzeit von 0,35 bzw. 1,1 s war ein mittlerer Abbrand der Hörner von rd. 5 mm entstanden. Die Hörner sind von den Ringen abschraubbar und können bei gelegentlichen Überholungsarbeiten ausgewechselt werden. Im vorerwähnten Fall wurde die Station sofort wieder unter Spannung gesetzt und blieb bei etwas herabgesetzter Spannung störungsfrei im Betrieb, bis der vorhandene Rauhreif, zuletzt durch die erwähnte Regenanlage, beseitigt war. Dann wurde die Spannung wieder auf ihren Normalwert gesteigert.

[7]) Vgl. H. Boeke, Hescho-Mitt. (1940) H. 81, S. 2635.

Zusammenfassung

Der Bericht zeigt, daß geeignete Armaturen Porzellanschäden infolge von Überschlägen vermeiden können. Für die Schaffung der geeigneten Form der Armaturen sind vorwiegend magnetische Einflüsse auf den Lichtbogen als maßgebend anzusehen. Bei kleinen Lichtbogenstromstärken ist die magnetische Wirkung nur mangelhaft vorhanden; doch sind Beschädigungen durch kleinere Ströme praktisch nicht zu erwarten.

Die beschriebenen Ringhörner stellen ein Mittel zum Erhöhen der Betriebssicherheit von Anlagen dar, die durch häufige Überschläge gefährdet werden können. Die Wiederaufnahme des Betriebes ist wegen der guten Wirkung dieser Lichtbogenarmaturen nach kurzer Zeit möglich.

Normen für Hochspannungs-Schaltgeräte

VDE-Ausschuß für Hochspannungsgeräte

DK 621.316.54.027.3 — **Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr** — August 1941

Hochspannungs-Schaltgeräte

Dreipolige Leistungsschalter[1])

Reihenspannungen 10 bis 220 kV

Einspruchsfrist: 30. August 1941

Elektrotechnik

DIN-Vornorm Entwurf 1 43610

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Reihenspannungen kV	10	20	30[5])	45	60	110	150	220
Grenzen der Spannung am Verwendungsort kV	[3]) 8 bis 11,5	14 bis 23	24 bis 35	35 bis 52	50 bis 70	95 bis 127	130 bis 175	190 bis 253
Genormte [2]) Nennausschaltleistungen MVA	Genormte Nennströme (in A) für: *I* Innenraumgeräte, *F* Freiluftgeräte, *F'* Freiluft-Ölschalter							
5[4])	*I* 200	—	—					
	—	—	—					
15[4])	*I* 200	*I* 200	*I* 200					
	I 400	*I* 400	*I* 400					
100	*I* 400	*I* 400	*I* 400					
	I 600	—	—					
200	*I* 400	*IF'* 400	*I* 400					
	I 600	*IF'* 600	*I* 600					
	I 1000	—	—					
400	*I* 600	*I* 600	*IFF'* 600					
	I 1000	*I* 1000	*IF* 1000					
	I 2000	—	—					
600	—	*I* 600	*I* 600	*IFF'* 600	*IFF'* 600			
	I 1000	*I* 1000	*I* 1000	—	—			
	I 2000	*I* 2000	—	—	—			
	I 4000	—	—	—	—			
	I 6000	—	—	—	—			
1000	—	—	*I* 600	—	*IFF'* 600			
	I 1000	—	*I* 1000	—	—			
	I 2000	—	*I* 2000	—	—			
	I 4000	—	—	—	—			
	I 6000	—	—	—	—			
1500	—	—	—	—	—	*IFF'* 600	*F* 600	—
2500	—	—	—	—	—	*IF* 600	*F* 600	*F* 600
	—	—	—	—	—	*IF* 1000	—	—

[1]) Schalter für geschlossene und gekapselte Geräte der Reihenspannungen 1 ... 6 kV und Bahnschalter fallen nicht unter diese Normen.

[2]) Die genormten Nennausschaltleistungen gelten innerhalb der angegebenen Grenzen der Spannung am Verwendungsort. Bei Spannungen, die tiefer als die unteren Spannungsgrenzen liegen, nimmt die Nennausschaltleistung verhältnisgleich mit der Spannung ab.

[3]) Schalter der Reihenspannung 10 kV können so gebaut werden, daß sie bei 6 kV die volle (genormte) Nennausschaltleistung haben.

[4]) Nur für Leistungstrennschalter.

[5]) Nach VDE 0670/XII. 40, § 20 b) Fußnote 3, können die Schalter der Reihenspannung 30 kV unter bestimmten Voraussetzungen auch für die Erweiterung bestehender Anlagen mit 35 kV Betriebsspannung verwendet werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

RUNDSCHAU

Elektrische Maschinen

DK 621.319.34

Ein elektrostatischer Hochspannungsgenerator. [Nach A. F. Joffe und B. M. Hochberg, J. Physics, Moskau 2 (1940) S. **243**.]

Die Verfasser vergleichen das Prinzip der Erzeugung von Elektrizität auf elektrostatischem Wege mit dem Carnotschen Kreisprozeß in einer Wärmekraftmaschine. Im elektrischen Feld werden Ladungen gegen dessen Kraftrichtung transportiert, wobei die mechanische Verdichtungsarbeit in elektrische Energie umgewandelt wird. Auf dieser Grundidee beruhend wird die Theorie einer nach diesem Schema arbeitenden Maschine in ihren Grundzügen angegeben und z. B. die Leerlaufkennlinie der verlustfreien sowie der mit Verlusten behafteten Maschine angegeben (Bild 1), die allerdings den gleichen Verlauf hat wie die der alten Toepler-Holtzschen Maschinen. Da der Prozeß umkehrbar ist, kann eine solche Maschine als Motor oder als Generator laufen.

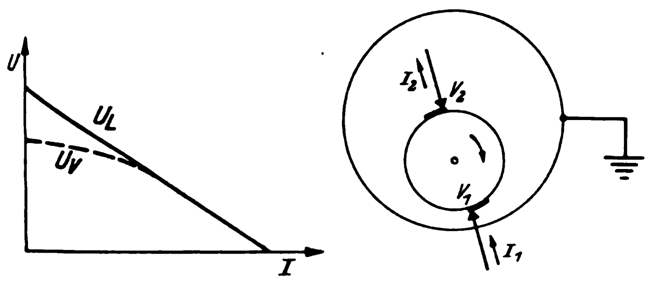


Bild 1. Strom-Spannungskennlinien des Generators.

Bild 2. Schema des elektrostatischen Hochspannungsgenerators.

Ausgehend von den Bandgeneratoren[1]), deren schwache Punkte die Verfasser vermeiden wollen, geben sie eine neue Konstruktion an, die folgendermaßen aussieht (Bild 2). In einem geerdeten Metallzylinder läuft ein Zylinder aus Dielektrikum um eine Achse um, die parallel zur Metallzylinderachse aber gegen diese exzentrisch versetzt ist. Beim Drehen ändert eine auf dem Dielektrikumzylinder angebrachte Längslamelle ihre Kapazität zu dem Metallzylinder periodisch. An der Stelle, wo sie dem Metallzylinder am nächsten kommt, ist sie am größten; dort wird ihr Ladung von dem niederen Potential V_1 aufgesprüht. Nach einer halben Umdrehung hat dieselbe Lamelle ihren kleinsten Kapazitätswert mit dem Metallzylinder. Das Potential der Lamelle ist auf den Wert V_2 gestiegen und kann dort durch Annehmer-Elektroden abgenommen und dem Verbraucher zugeführt werden. Der elektrostatische Generator der Verfasser zeichnet sich dadurch aus, daß der uns von unseren Toepler-Holtzschen Influenzmaschinen her bekannte Ausgleicher (Querkonduktor) wegfällt und er eine einfache Nebenfeldmaschine nach Art der Kosselschen Systematik darstellt. Die Verfasser geben Beispiele ausgeführter Anlagen mit 4 Läufern in einem Metallzylinder, der außerdem für erhöhte Durchschlagsfestigkeit mit Versuchsstoffen, wie Petroleum, Tetrachlorkohlenstoff u. a., gefüllt wird. Die Grenzleistung dieses Generators ist 1600 kV bei Strömen von 20 bis 50 µA. Eine weitere Abwandlung erfährt die Maschine, wenn an Stelle der Läufer Scheiben mit aufgebrachten Radiallamellen verwandt werden, wobei dann eine große Scheibenzahl benutzt werden kann, und zwar Läufer- und Ständerscheiben. Zur gleichmäßigen Verteilung des Potentials über die Scheibe soll sie entweder mit einer Halbleiterschicht überzogen sein, oder von Lamelle zu Lamelle ein gewisser hoher, aber für alle gleich großer Widerstand liegen. Die Verfasser vergleichen zum Schluß ihrer Arbeit die Leistung je Volumeneinheit ihrer Maschinen mit der bekannter elektrostatischer Maschinen und geben an, daß ein Bandgenerator bei 4 MV und 2 mA eine Volumenleistung von $8 \cdot 10^{-4}$ kW/m³ aufweist, während ihr eigener Generator in Petroleum eine solche von $5 \cdot 10^{-3}$ kW/m³ besitzt. Ein Bandgenerator bei 7 atü gibt bei 5 MV und 2 mA $5 \cdot 10^{-2}$ kW/m³ ab, während ihr zukünftiger Vielscheibengenerator einige 100 kW/m³ abgeben soll. *U. N.*

[1]) ETZ 61 (1940) S. 680, dort weiteres Schrifttum.

Geräte und Stromrichter

DK 621.314.65

Kurvenform von 30- und 60-phasigen Gleichrichteranlagen. [Nach O. K. Marti u. T. A. Taylor, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 218; 6½ S., 7 B. + Disk. 2½ S., 3 B.]

Die in Deutschland[1]) schon seit vielen Jahren gebräuchliche Maßnahme, Großgleichrichteranlagen durch Vorschalten von sogenannten Phasenschwenktransformatoren in möglichst vielphasiger, z. B. 24- oder 36-phasiger Schaltung zu betreiben, wurde neuerdings auch in Amerika angewendet. Ein amerikanisches Aluminiumwerk erhält seinen Strom von drei Gleichrichterwerken mit einer Gesamtleistung von 82 500 kW. Jedes Werk besteht aus 5 sechsphasigen Gleichrichtereinheiten je 5500 kW mit Gittersteuerung; die Transformatoren sind primär teils in Dreieck, teils in Stern und sekundär einheitlich in Doppelstern mit Saugdrosselspulen geschaltet. In jedem Werk haben 4 Transformatoren vorgeschaltete Spartransformatoren; dem 5. Transformator sind Drosselspulen vorgeschaltet. Die Spartransformatoren drehen die Primärspannungen der Gleichrichtereinheiten teils um 12, teils um 6 elektrische Grade derart, daß jedes Gleichrichterwerk für sich eine 30-phasige und zwei Werke beim Parallelarbeiten eine 60phasige Betriebsweise erhalten. Hierdurch sollen die speisenden Hochspannungsnetze von den primären Oberwellenströmen weitgehend entlastet werden zu dem ausschließlichen Zweck, ein Beeinflussen der benachbarten Fernsprechfreileitungen zu verhindern. Die Wirkungsweise der Phasenschwenktransformatoren entspricht den Erwartungen auf Grund von vor dem Einbau durchgeführten Modellversuchen. Nach den Messungen verringert der 30-Phasenbetrieb, bei dem die primären Stromoberwellen theoretisch die Frequenzen mit allen Vielfachen von 30 ± 1 haben, den Oberwellenstrom auf $^1/_{90}$ und seine frequenzbewertete Größe, den Störstrom (I T product) auf $^1/_{18}$ der Werte vom reinen 6-Phasenbetrieb. Die Wirkungsweise des 30-Phasenbetriebes wird etwas beeinträchtigt durch unausgeglichenen Betrieb bei Ausfall einer Gleichrichtereinheit und durch Regeln der Gleichspannung mittels Gittersteuerung. Eine um 5% herabgeregelte Gleichspannung läßt den Störstrom auf den dreifachen Wert ansteigen[2]); hierbei ist der 30-Phasenbetrieb noch etwa achtmal besser als der 6-Phasenbetrieb mit gleichem Aussteuerungsgrad. Die Änderungen des Störstromes entsprechen auch den gemessenen Werten der relativen Störspannung, d. h. des Fernsprechformfaktors (Voltage T I F) vom Hochspannungsnetz und der Geräuschspannung in den Fernsprechnetzen. Der 60-Phasenbetrieb übt überhaupt keine Rückwirkung mehr auf das speisende Hochspannungsnetz aus. Auf Grund der guten Erfahrungen will man in Zukunft neue Großgleichrichteranlagen nach dem bewährten deutschen Vorbild ebenfalls mit Phasenschwenktransformatoren ausrüsten, die bei großen Anlagen wirtschaftlicher sind als die bisher in der amerikanischen Praxis angewendeten Siebkreise[3]). *E. Schu.*

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.316.82

Neue Potentiometer für die Nachrichtentechnik.

Die wichtigsten Forderungen für selten einstellbare Drehwiderstände sind unbedingte Schüttelfestigkeit und Verdrehungssicherheit, gelegentliche Bedienbarkeit mit danach konstant bleibender Einstellung, einfaches Bedienen ohne

[1]) ETZ 56 (1935) S. 990 u. 1198. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 54 (1936) S. 40; ETZ 59 (1938) S. 964.
[2]) VDE-Fachber. 8 (1936) S. 112.
[3]) AEG-Mitt. (1938) S. 489.

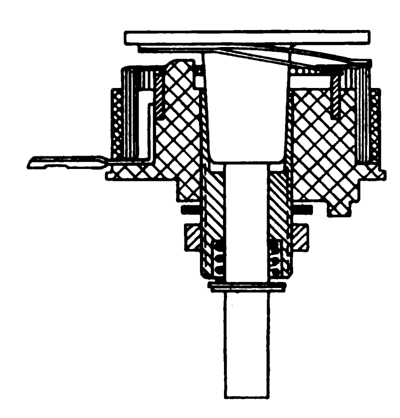


Bild 3. Aufbau eines neuartigen Drehwiderstandes.

zusätzliche Bedienungsgriffe oder dgl. und niedriger Kontaktdruck der Schleiffedern, um ein Beschädigen des Widerstandsdrahtes zu vermeiden, wodurch dünne Drahtsorten verwendbar werden. Alle diese Anforderungen werden bei dem nachstehend beschriebenen, drahtgewickelten Drehwiderstand erfüllt. Für unbedingte Schüttelfestigkeit und zum Verhindern eines selbständigen, unbeabsichtigten Verstellens des eingestellten Widerstandswertes wird bei dieser Konstruktion (Bild 3) eine Konusklemme angewendet, bei der eine als Kegel ausgebildete Achse in den Konus einer Buchse unter Federdruck eingepreßt wird. In dieser Ruhelage ist der Druck der Kontaktfeder auf der Widerstandswicklung so stark, daß einwandfreie Kontaktgabe gewährleistet ist. Zum Einstellen des Drehwiderstandes ist ein leichtes Eindrücken der Konusachse erforderlich, wodurch die Kupplung ausgelöst wird. In dieser Arbeitsstellung ist die Kontaktabnahmefeder so weit entspannt, daß der Kontaktdruck zum Einstellen noch ausreichend ist, ein Beschädigen der Widerstandswicklung aber nicht stattfindet. Erst nach dem Einstellvorgang geht die Achse selbsttätig in ihre Ruhelage und bewirkt damit wieder ihr Festhalten. Um ein eigenes Drehen des Widerstandes zu verhindern, ist der Gehäusepreßling mit einer Nase versehen, die durch Anbohren der Montagewand in diese eingreift und dadurch unbedingte Verdrehungssicherheit bietet. Durch Verwenden kräftiger Winkellötösen und durch verlötete Kontaktabnahme vom Schleifer zum Läufer werden die Widerstandsdrähte mit der Lötöse elektrisch einwandfrei verbunden und lose Wicklungen vermieden, wodurch hohe Betriebssicherheit und Lebensdauer erzielt wird. *fi.*

Werkstatt und Baustoffe

DK 621.793.72 : 621.315.616

Gespritzte Metallüberzüge auf Kunststoffteilen. [Nach E. E. Halls, Plastics 4 (1940) S. 140; 3 S., 1 B.]

Gewöhnliche Preßlinge aus Kunststoffen besitzen korrosionsfeste Oberflächen, die keine weitere Nachbearbeitung erfordern. Für manche Zwecke, insbesondere aber für die Elektrotechnik, erscheint die Kombination von Preßteil und Metallüberzug vorteilhaft, wofür bereits mehrere verschiedenartige Verfahren, wie das Aufdampfen von Metallschichten im Vakuum, das Elektroplattieren oder das Aufspritzen von Metall mittels Spritzpistole, entwickelt wurden. Die Auswahl des Verfahrens richtet sich nach dem vorliegenden Sonderfall; am häufigsten wird jedoch das Metallspritzen verwendet. Hierbei wird das zu verarbeitende Metall in Drahtform einer tragbaren Heizeinrichtung, etwa einem Azetylen-Sauerstoff-Brenner, zugeführt, bis zum Schmelzen erhitzt und mittels eines eingebauten Gehäuses zerstäubt. Ein weiteres Verfahren legt Metallpulver zugrunde, ein drittes benutzt geschmolzenes Metall, das in eine Spritzpistole eingefüllt wird. In der Art der Verarbeitung sind alle diese Verfahren ähnlich; bei allen werden die heißen Metalltröpfchen auf die kalte Preßstoffoberfläche geschleudert, wo sie sofort haften und miteinander verschweißen, so daß sich bei längerer Einwirkung ein dichter und gleichmäßiger Metallüberzug auf dem Kunststoffteil bildet. Meist wird eine ausreichende Haftfestigkeit erzielt; diese kann durch vorheriges Aufrauhen der Fläche, etwa durch Sandstrahlen, erhöht werden. Die Metallisierung kann auch abgestuft und nachträglich wieder durch Abreiben vermindert werden. Der aufgestrahlte Belag kann außerdem poliert, chemisch gefärbt, oxydiert oder elektroplattiert werden.

Für die Elektrotechnik erschienen metallisierte Kunststoffteile deswegen bedeutsam, da die Metallschicht zur elektrischen Abschirmung, Erdung, für die magnetische Feldeinwirkung, zum Röntgenstrahlenschutz o. a. benutzt werden kann. Je nach dem Verwendungszweck wird als Spritzmetall Zink, Messing, Kupfer, Aluminium oder Blei benutzt. Außerdem können Kontakte und Anschlüsse an metallbespritzten Oberflächen leicht angebracht werden. Besonders für die Funktechnik und für Fernmeldegeräte für Schiff- und Luftfahrt erscheint das Verfahren wichtig, da sich Teile dadurch herstellen lassen, die beinahe die gleiche elektrische Wirkung wie entsprechende Metallausführungen besitzen, aber ein erheblich niedrigeres Gewicht aufweisen. Dabei ist aber zu beachten, daß die elektrische Leitfähigkeit der aufgespritzten Schicht naturgemäß verhältnismäßig gering ist. Durch Aufspritzen von Bleischichten lassen sich in einfacher Weise wirksame Röntgenschutzwände herstellen. Durch den Metallüberzug wird eine hohe Beständigkeit der Teile gegen Verwittern erzielt. Auch Leichtmetalle können verspritzt werden, wodurch hochfeste Teile geringen Gewichtes herstellbar sind; vor der Verarbeitung werden die Oberflächen der Kunststoffteile sorgfältig gereinigt und aufgerauht. Für die Prüfung metallgespritzter Schutzüberzüge auf Kunststoffteilen erscheint die Feststellung des Verhaltens bei erhöhten Temperaturen und wechselnder relativer Luftfeuchtigkeit, im Salzsprühversuch und in der freien atmosphärischen Bewitterung geeignet. In Deutschland ist das Metallspritzen ebenfalls seit langem bekannt, wird vielfach verwendet und führte zu entsprechenden Erfahrungen. *E. T.*

AUS LETZTER ZEIT

Generalinspektor für Wasser und Energie. — Mit Erlaß vom 29. 7. des Führers und Reichskanzlers wurde Reichsminister Dr. Todt unter Beibehaltung seiner bisherigen Aufgabengebiete zum Generalinspektor für Wasser und Energie ernannt[1]). Mit diesem Erlaß gehen die Zuständigkeiten des Reichswirtschaftsministers auf dem Gebiete der Energiewirtschaft, wie diese insbesondere im Energiewirtschaftsgesetz vom 13. 12. 35[2]) niedergelegt sind, auf den Generalinspektor für Wasser und Energie über. Der Reichswirtschaftsminister bleibt jedoch zuständig für:

a) die Ermittlung des Strombedarfs für die gewerbliche Wirtschaft und die Anforderung der erforderlichen Energiemengen
b) die Bereitstellung der für die Energiewirtschaft erforderlichen Werkstoffe und Kohle
c) die Zustimmung zur Inanspruchnahme des Kapitalmarktes für die Zwecke der Energiewirtschaft nach den allgemein für die gewerbliche Wirtschaft geltenden Bestimmungen und die Abstimmung der Anforderungen der Energiewirtschaft an den Geld- und Kapitalmarkt mit den Bedürfnissen der gesamten gewerblichen Wirtschaft
d) die Zustimmung zur Neuregelung der Rechtsformen energiewirtschaftlicher Unternehmungen, besonders handelsrechtlicher Gesellschaften, und zur Einführung neuer Rechtsformen auf dem Gebiete des handelsrechtlichen Gesellschaftsrechts.

Spätestens bis zum 1. 4. 1942 übernimmt der Generalinspektor das Personal des Reiches und Preußens, das mit den auf ihn übergehenden Aufgaben befaßt ist. Ferner kann der Generalinspektor zur Erfüllung seiner Aufgaben Körperschaften oder Einrichtungen öffentlich-rechtlicher Art, oder Gesellschaften des Handelsrechts oder andere Einrichtungen unter Verwendung neuer Rechtsformen schaffen.

Der Erlaß gilt auch für die besetzten Gebiete und für die eingegliederten Ostgebiete.

Mit dem Erlaß werden die technischen Verwaltungen, die in den einzelnen Ministerien vorhanden waren, in eine einzige Hand vereinigt. Somit ist es möglich, den Energieausbau und die Wasserwirtschaft nach einheitlichen Gesichtspunkten für den großdeutschen Raum zu lenken.

[1]) Reichsgesetz-Bl. I, Nr. 86 (1941) S. 467.
[2]) ETZ 57 (1936) S. 21.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

Installationsmaterial

Der Technische Ausschuß der Fachabteilung 5 „Installationsmaterial" der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie hat einen Entwurf zu

DIN 49033 „Verbindungs- und Abzweigdosen für Leiterquerschnitte bis 16 mm² und Nennspannungen bis 750"

aufgestellt. Abzüge dieses Entwurfs können bei der Technischen Abteilung der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, Berlin W 35, Corneliusstr. 3, angefordert werden.

Begründete Einsprüche können bis zum 21. August 1941 an die Geschäftstelle des VDE eingereicht werden.

Hochspannungsgeräte

In § 21 b), Tafel I, von

VDE 0670/XII. 40 „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte"

ist eine Zuordnung der genormten Nennströme und genormten Nennausschaltleistungen von Leistungsschaltern zu den einzelnen Reihenspannungen enthalten. Inzwischen haben weitere Beratungen bei der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie zu einer gegenüber Tafel I starken Einschränkung der genormten Schaltertypen geführt, nur einige Schaltertypen wurden zusätzlich vorgeschlagen.

Die erwähnten Vorschläge sind in DIN Vornorm 43610, Entwurf 1, auf S. 714 dieses Heftes veröffentlicht. Es ist beabsichtigt, dieses Normblatt später als verbindlich zu erklären.

Nach Annahme des Normblattes soll Tafel I in § 21 b) von VDE 0670/XII. 40 gestrichen und der 2. und 3. Satz des § 21 b) durch folgende Fassung ersetzt werden:

„Für die einzelnen Typen dreipoliger Leistungsschalter (Zuordnung der genormten Nennströme und Nennausschaltleistungen zu den Reihenspannungen) gilt DIN Vornorm 43610."

Anregungen zu diesen Vorschlägen sind der VDE-Geschäftstelle bis spätestens zum 30. August 1941 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Lampen und Leuchten

Auf Anregung des Hauptausschusses „Gutes Licht" des Amtes Schönheit der Arbeit der DAF. wurden vom Reichsausschuß für Lieferbedingungen und Gütesicherung (RAL) beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit (RKW) unter Mitwirkung des VDE und anderer interessierter Stellen

„Begriffsbestimmungen und Bezeichnungsvorschriften für elektrische Lampen und Leuchten"

unter der Bezeichnung RAL 716 A aufgestellt. Neben der begrifflichen Festlegung der Lampenarten, d. h. der Glühlampen, der Entladungslampen und der Mischlichtlampen sowie der Erklärung der Leuchten sollen die Bezeichnungsvorschriften darlegen, welche Gesichtspunkte in der Bezeichnungsweise und bei der Werbung zu beachten sind. Einmal wird darin aufgeführt, daß allgemein Bezeichnungen für Lampen und Leuchten zulässig sind, die beispielsweise den Hersteller oder den Zweck näher kennzeichnen. Zum anderen enthält diese RAL-Vereinbarung die wichtige Forderung, daß Sonderleistungen in lichttechnischer oder wirtschaftlicher Beziehung andeutende Lampen- bzw. Leuchtenbezeichnungen oder Sondervorteile versprechende Angaben nur gebraucht werden dürfen, wenn sie unter anderem beispielsweise durch die Lichtausbeute (in Lumen/Watt) nachgewiesen werden können.

Diese neue RAL-Vorschrift 716 A ist zum Preise von RM —.20 bei der Beuth-Vertrieb GmbH., Berlin SW 68, Dresdener Str. 97, zu beziehen.

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

Vortragskurse für Ingenieure

Die im letzten Sommer abgehaltenen Vortragskurse über „Die Grundlagen der Wechselstromtechnik" und über „Elektrische Meßtechnik" werden im kommenden Winter mit gleichem Inhalt (vgl. Ankündigung ETZ 1941, H. 11, S. 302) wiederholt.

1. Grundlagen der Wechselstromtechnik.

Vortragender: Stud.-Rat Dipl.-Ing. Marx, Ingenieurschule Gauß.
Dauer: 18 Doppelstunden jeden Montag von 18^{00} bis 19^{30}, beginnend am 6. 10. 1941 (die Zeit vom 21. 12. 41 bis 4. 1. 42 ist vortragsfrei).
Ort: Ingenieurschule Gauß.

2. Elektrische Meßtechnik.

Vortragender: Stud.-Rat Dr. Schwerdtfeger, Ingenieurschule Gauß.
Dauer: 18 Doppelstunden jeden Freitag von 18^{00} bis 19^{30}, beginnend am 10. 10. 1941 (die Zeit vom 21. 12. 41 bis 4. 1. 42 ist vortragsfrei).
Ort: Ingenieurschule Gauß.

Außerdem wird der im 1. Vierteljahr dieses Jahres abgehaltene Kursus für Mathematik (vgl. Ankündigung ETZ 1940, H. 51, S. 1184) in erweiterter Form wiederholt:

3. Mathematik für Elektrotechniker.

Vortragender: Prof. Dr. Deckert, Ingenieurschule Gauß.
Dauer: 18 Doppelstunden jeden Donnerstag von 18^{00} bis 19^{30}, beginnend am 9. 10. 1941 (die Zeit vom 21. 12. 41 bis 4. 1. 42 ist vortragsfrei).
Ort: Ingenieurschule Gauß.

Die Teilnehmergebühr beträgt für jeden Kursus RM 15,—.

Die Anmeldung muß schriftlich beim VDE Bezirk Berlin, Berlin-Charlottenburg, Bismarckstraße 33, erfolgen. Die Teilnehmergebühr ist erst auf besondere Aufforderung einzuzahlen. Die Teilnehmerzahl ist für jeden Kursus auf 30 beschränkt.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

AEF

Ausschuß für Einheiten und Formelzeichen

Berlin-Charlottenburg 9, Akazienallee 32

Der AEF stellt die folgenden Entwürfe zu den Aufgaben
27, Magnetische Streuung,
30, Induzierte elektromotorische Kräfte und elektrische Spannungen in Transformatoren und Wechselstrommaschinen (Entwurf 2; vgl. ETZ 53 (1932) S. 114),
48, Vorzeichenregeln für die Elektrotechnik,
51, Magnetische Größen (Entwurf 2; vgl. ETZ 51 (1930) S. 625),
52, Magnetische Einheiten (Entwurf 2; vgl. ETZ 53 (1932) S. 139),
57, Größen des elektrischen Feldes (Entwurf 2; vgl ETZ 53 (1932) S. 138),
85, Vektorzeichen (Neufassung des Normblattes DIN 1303)
hiermit zur Erörterung.

Es steht jedem frei, sich an dieser Erörterung zu beteiligen. Zuschriften — spätestens bis zum 1. 2. 1942 — erbitte ich in doppelter Ausfertigung.
J. Wallot VDE

Noch nicht endgültig

Aufg. 27. Magnetische Streuung[1]

1. Allgemeine Definitionen

Als magnetische Streuung bezeichnet man bei elektrischen Maschinen und Apparaten die Erscheinung, daß ein Teil des magnetischen Flusses von dem Wege abweicht, der ihm durch

[1] Bearbeitet von R. Richter.

den Konstruktionsgedanken zugewiesen ist. Diesen Teil des Flusses nennt man Streufluß. Bei zwei Stromkreisen, die sich gegenseitig induktiv beeinflussen, äußert sich die Streuung darin, daß die magnetische Verkettung der beiden Ströme mehr oder weniger unvollkommen ist, ein Teil der Induktionsröhren also nicht voll mit beiden Stromkreisen verkettet ist. Auf diesen Fall der gegenseitigen magnetischen Streuung beziehen sich die folgenden Ausführungen. Sie gelten streng nur unter der Voraussetzung, daß die Induktivitäten von den Strömen in den Wicklungen unabhängig, d. h., daß die magnetischen Felder den sie erregenden Strömen proportional sind.

11. Gesamtstreugrad und Einzelstreugrade. Bezeichnet $M = M_{12} = M_{21}$ die Gegeninduktivität zweier Wicklungen (Stromkreise), L_1 die Selbstinduktivität der einen (primären), L_2 die der anderen (sekundären) Wicklung, so nennt man

$$\sigma = 1 - \frac{M^2}{L_1 L_2} \tag{1a}$$

den Gesamtstreugrad der Anordnung und

$$\varkappa = \sqrt{1 - \sigma} = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \tag{1b}$$

den Kopplungsgrad.

Man kann den Gesamtstreugrad formal immer in zwei Anteile zerlegen, die den beiden Wicklungen zugeordnet werden, indem man zwei Hauptinduktivitäten L_{1h}, L_{2h} und zwei Streuinduktivitäten $L_{1\sigma}$, $L_{2\sigma}$ einführt, denen man die folgenden Bedingungen auferlegt:

$$L_{1h} L_{2h} = M^2, \tag{2}$$

$$L_1 = L_{1h} + L_{1\sigma}, \quad L_2 = L_{2h} + L_{2\sigma}. \tag{2a u. b}$$

Die Verhältnisse

$$\sigma_1 = \frac{L_{1\sigma}}{L_{1h}}, \quad \sigma_2 = \frac{L_{2\sigma}}{L_{2h}} \tag{2c u. d}$$

heißen dann die Einzelstreugrade der beiden Wicklungen. Mit Gl. (2), (2a u. b) und (2c u. d) geht Gl. (1a) über in

$$\sigma = 1 - \frac{1}{(1+\sigma_1)(1+\sigma_2)} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_1 \sigma_2}{1 + \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_1 \sigma_2}. \tag{3}$$

Die Aufteilung von M^2 in die beiden Faktoren L_{1h} und L_{2h} ist durch die formalen Definitionen (2), (2a u. b) noch nicht festgelegt und daher im allgemeinen willkürlich. Sie kann sogar so gewählt werden, daß der eine der beiden Streugrade negativ wird; auf das Endergebnis der Berechnung von Strömen und Spannungen hat dies keinen Einfluß.

111. In der Nachrichtentechnik rechnet man gern mit dem Ersatzschaltbild und führt als willkürlich wählbare Größe ein Übersetzungsverhältnis $\ddot{u}$ ein. Auf der Sekundärseite des Ersatzschaltbildes Bild 1a erscheinen nicht der wirkliche Strom $\mathfrak{J}_2$ und die wirkliche Spannung $\mathfrak{U}_2$, sondern übersetzte Rechengrößen $(1/\ddot{u})\,\mathfrak{J}_2$ und $\ddot{u}\,\mathfrak{U}_2$. Man kann sich den Übergang von diesen Rechengrößen zu den wirklichen Größen durch einen idealen Transformator hinter dem Ersatzbild veranschaulichen (vgl. Bild 1b).

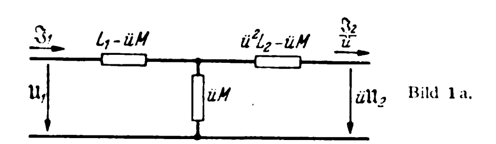


Bild 1a.

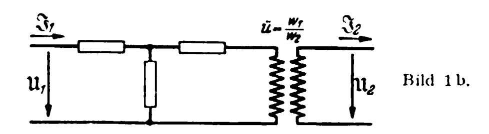


Bild 1b.

Die Übersetzung $\ddot{u}$ kann völlig willkürlich, auch komplex, gewählt werden, solange Proportionalität zwischen Spannungen, Strömen und magnetischen Feldern besteht. Sobald quadratische Größen (Verluste) und Sättigungserscheinungen maßgebend werden, muß $\ddot{u}$ in der Nähe von $\sqrt{L_1 : L_2}$ gewählt werden. Im Ersatzschaltbild sind dann statt L_1, M und L_2 die komplexen Scheinwiderstände einzuführen, die die Verluste umfassen.

Es ist zweckmäßig, über $\ddot{u}$ im Einzelfall so zu verfügen, daß sich die Rechnung vereinfacht; dazu können folgende Sonderfälle dienen:

a) Keine sekundäre Streuung; anzuwenden, wenn der Eingangsstrom gegeben ist (Bild 2a).
b) Keine primäre Streuung; anzuwenden, wenn die Eingangsspannung gegeben ist (Bild 2b).
c) Symmetrische Ersatzschaltung; anzuwenden, wenn die Eingangsleistung gegeben ist (Bild 2c).

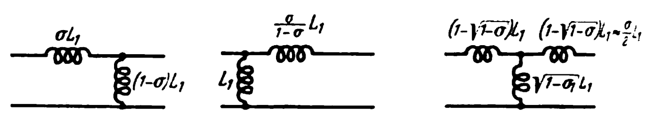


Bild 2a. $\ddot{u} = M/L_2$. Bild 2b. $\ddot{u} = L_1/M$. Bild 2c. $\ddot{u} = \sqrt{L_1/L_2}$.

112. Im Elektromaschinenbau ist es üblich, nicht mit den Induktivitäten, sondern den entsprechenden Blindwiderständen zu rechnen, die sich aus den Induktivitäten durch Multiplikation mit der Kreisfrequenz ω ergeben, also mit den folgenden Größen:

$$X_1 = \omega L_1, \quad X_{1h} = \omega L_{1h}, \quad X_{1\sigma} = \omega L_{1\sigma}, \tag{4a bis c}$$

$$X_2 = \omega L_2, \quad X_{2h} = \omega L_{2h}, \quad X_{2\sigma} = \omega L_{2\sigma}. \tag{4d bis f}$$

X_1 und X_2 nennt man Gesamtblindwiderstände oder Eigenblindwiderstände (der primären und sekundären Wicklung), X_{1h} und X_{2h} Hauptblindwiderstände oder Nutzblindwiderstände, $X_{1\sigma}$ und $X_{2\sigma}$ Streublindwiderstände. Die Streugrade ergeben sich damit zu

$$\sigma_1 = \frac{X_{1\sigma}}{X_{1h}} \text{ und } \sigma_2 = \frac{X_{2\sigma}}{X_{2h}}. \tag{5a u. b}$$

Als Kurzschlußblindwiderstände bezeichnet man die Produkte

$$\sigma X_1 = \sigma \omega L_1 \text{ und } \sigma X_2 = \sigma \omega L_2. \tag{6a u. b}$$

Es ergeben sich σX_1 bei Messung auf der primären Seite und Kurzschluß der Wicklung *2*, σX_2 bei Messung auf der sekundären Seite und Kurzschluß der Wicklung *1*.

Die Induktivitäten L_1, L_2 und M können aus zwei Leerlaufversuchen erhalten werden, bei denen einmal die Wicklung *1* und einmal die Wicklung *2* stromlos bleibt. Den Gesamtstreugrad σ erhält man aber bei starker Kopplung (geringer Streuung) beider Wicklungen genauer aus einem Kurzschlußund einem Leerlaufversuch, wenn der Wirkwiderstand der kurzgeschlossenen Wicklung sehr klein gegenüber ihrem Gesamtblindwiderstand ist.

12. Spulen mit sehr kleinen Wicklungsquerschnitten. Bei einfachen Spulen läßt sich für die fiktiven Flüsse das magnetische Feld räumlich nach Hauptfluß (Hauptröhre) und Streuflüssen (Streuröhren) abgrenzen, wenn — wie z. B. bei Einlochwicklungen — die Wicklungsquerschnitte so klein sind, daß sie für die gegenseitige Induktion als punktförmig angesehen werden dürfen (vgl. Bild 3a und b). In diesem Sonderfalle können die formalen und noch nicht völlig bestimmten Definitionen der Nr. 11 durch anschauliche und zugleich eindeutige Definitionen ersetzt werden.

Wir bezeichnen mit w_1 und w_2 die Windungszahlen der Wicklungen *1* und *2*, ferner mit ψ die Spulenflüsse und mit φ die Windungsflüsse (kleine Buchstaben bezeichnen Augenblickswerte). Die mit dem Strom i_1 gespeiste Wicklung *1* erregt einen Fluß φ_1 (vgl. Bild 3a), dessen Röhren mit ihr voll verkettet sind, wenn das magnetische Feld innerhalb des Wicklungsquerschnittes vernachlässigt wird. Ein Teil dieser Röhren ist nach der Voraussetzung mit jeder Windung der Wicklung *2* verkettet; wir bezeichnen den entsprechenden Fluß mit φ_{1h}. Die Flüsse sind dann durch die Gleichungen

$$\varphi_1 = \frac{\psi_1}{w_1} = \frac{L_1}{w_1} i_1 \text{ und } \varphi_{1h} = \frac{\psi_{1h}}{w_1} = \frac{L_{1h}}{w_1} i_1 \tag{7a u. b}$$

bestimmt. Entsprechend ist der von der Wicklung *2* erregte Fluß φ_2 und der mit jeder Windung der Wicklung *1* verkettete Anteil φ_{2h} (vgl. Bild 3b)

$$\varphi_2 = \frac{\psi_2}{w_2} = \frac{L_2}{w_2} i_2 \text{ und } \varphi_{2h} = \frac{\psi_{2h}}{w_2} = \frac{L_{2h}}{w_2} i_2. \tag{8a u. b}$$

Es ist in diesem Sonderfall [vgl. (2)]

$$L_{1h} = \frac{w_1}{w_2} M \text{ und } L_{2h} = \frac{w_2}{w_1} M. \tag{7c u. 8c}$$

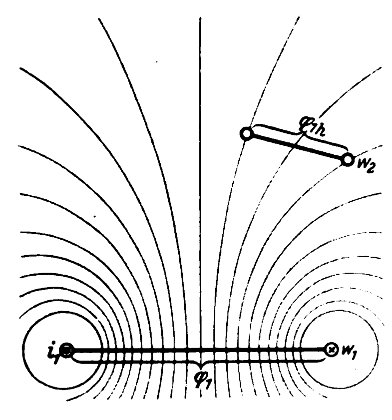


Bild 3a.

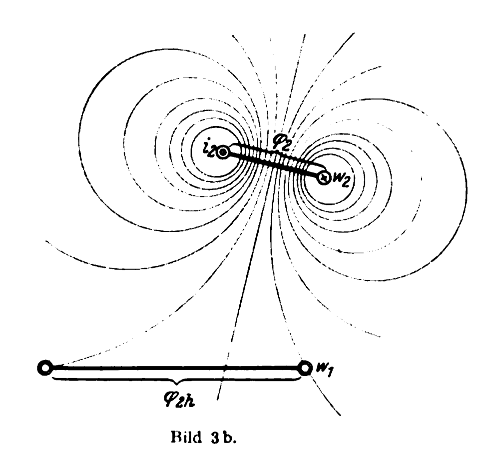


Bild 3b.

φ_{1h} nennt man den fiktiven Hauptfluß der Primärwicklung und φ_{2h} den der Sekundärwicklung.

Die Streuflüsse der beiden Wicklungen sind folgendermaßen definiert

$$\varphi_{1\sigma} = \varphi_1 - \varphi_{1h} = \left(\frac{L_1}{w_1} - \frac{M}{w_2}\right) i_1, \qquad (9a)$$

$$\varphi_{2\sigma} = \varphi_2 - \varphi_{2h} = \left(\frac{L_2}{w_2} - \frac{M}{w_1}\right) i_2, \qquad (9b)$$

und für die Streuspulenflüsse gilt

$$\psi_{1\sigma} = \left(L_1 - \frac{w_1}{w_2} M\right) i_1, \quad \psi_{2\sigma} = \left(L_2 - \frac{w_2}{w_1} M\right) i_2. \quad (10a\text{ u. b})$$

Die hier auftretenden Klammergrößen

$$L_{1\sigma} = L_1 - \frac{w_1}{w_2} M \text{ und } L_{2\sigma} = L_2 - \frac{w_2}{w_1} M \quad (11a\text{ u. b})$$

sind identisch mit den in (2a u. b) bereits formal eingeführten Streuinduktivitäten.

Die Einzelstreugrade der Wicklungen sind anschaulich als die Verhältnisse der Streu(spulen)flüsse zu den fiktiven Haupt(spulen)flüssen definiert. Für die beiden Wicklungen gilt also

$$\sigma_1 = \frac{\varphi_{1\sigma}}{\varphi_{1h}} = \frac{\psi_{1\sigma}}{\psi_{1h}} = \frac{L_{1\sigma}}{\frac{w_1}{w_2} M}, \quad \sigma_2 = \frac{\varphi_{2\sigma}}{\varphi_{2h}} = \frac{\psi_{2\sigma}}{\psi_{2h}} = \frac{L_{2\sigma}}{\frac{w_2}{w_1} M} \quad (12a\text{ u. b})$$

in Übereinstimmung mit den formalen Definitionen (2c u. d).

Ein Teil des von beiden Wicklungen mit den Strömen i_1 und i_2 gleichzeitig erregten Flusses ist mit jeder Windung der beiden Wicklungen verkettet. Diesen Teil nennt man den resultierenden Hauptfluß φ_{hr}; er ergibt sich rechnerisch zu

$$\varphi_{hr} = \varphi_{1h} + \varphi_{2h} = M\left(\frac{i_1}{w_2} + \frac{i_2}{w_1}\right). \qquad (13)$$

Ihm entsprechen die resultierenden Hauptspulenflüsse

$$\psi_{1hr} = w_1 \varphi_{hr} = M\left(\frac{w_1}{w_2} i_1 + i_2\right) \qquad (14a)$$

und

$$\psi_{2hr} = w_2 \varphi_{hr} = M\left(i_1 + \frac{w_2}{w_1} i_2\right). \qquad (14b)$$

Der resultierende Hauptfluß wird Null, wenn $w_1 i_1 + w_2 i_2 = 0$ ist (bei „Gegenschaltung"). Es besteht dann nur noch ein reines Streufeld.

Die Hauptblindwiderstände ergeben sich zu

$$X_{1h} = \omega L_{1h} = \omega \frac{w_1}{w_2} M \text{ und } X_{2h} = \omega L_{2h} = \omega \frac{w_2}{w_1} M. \quad (15a\text{ u. b})$$

13. Wicklungen beliebiger räumlicher Ausdehnung. Wenn die Querschnitte der Spulenseiten nicht genügend klein sind, lassen sich die fiktiven Flüsse nicht mehr räumlich in Hauptflüsse (Hauptröhren) und Streuflüsse (Streuröhren) trennen, weil das magnetische Feld auch die Wicklungsquerschnitte durchdringt, bei Spulen mit mehreren Windungen also für jedes einzelne Windungspaar verschiedene Haupt- und Streuflüsse gelten (doppeltverkettete Streuung). Dies macht sich besonders bemerkbar bei den elektrischen Maschinen, bei denen die Wicklungen am Ankerumfang verteilt sind. Aus den Induktivitäten L_1, L_2 und M kann zwar noch der Gesamtstreugrad nach Gl. 1a berechnet werden; die Einzelstreugrade $\sigma_1 = \psi_{1\sigma}/\psi_{1h}$ und $\sigma_2 = \psi_{2\sigma}/\psi_{2h}$ sind aber willkürlich, weil die Aufteilung der Gesamtspulenflüsse in Haupt- und Streuspulenflüsse willkürlich ist (vgl. Nr. 11). Die Flüsse φ in den Gleichungen des Abschnitts 2 haben nur noch den Sinn von mittleren Windungsflüssen, denen in vielen Fällen keine praktische Bedeutung zukommt. Der Hauptfluß wird dann, da er gewöhnlich zum größten Teil im Eisen verläuft, so festgelegt, daß mit ihm die magnetische Beanspruchung der Eisenteile auf einfache Weise ermittelt werden kann.

14. Mehrphasenwicklungen. Bei Mehrphasenwicklungen pflegt man das Verhältnis der in einem der mehrphasig gespeisten Wicklungsstränge induzierten elektromotorischen Kraft zu der Stromänderung in diesem Wicklungsstrang als Mehrphasen-Selbstinduktivität (L_1 bzw. L_2) zu bezeichnen, obwohl auch die Stromänderung in den andern Wicklungssträngen durch Gegeninduktion am Zustandekommen dieser elektromotorischen Kraft beteiligt ist. Dementsprechend definiert man eine Gegeninduktivität zwischen zwei mehrphasigen Wicklungen als das Verhältnis der in einem Wicklungsstrang der stromlosen Wicklung induzierten elektromotorischen Kraft zu der Stromänderung in einem Wicklungsstrang der (mehrphasig) gespeisten Wicklung.

15. Anwesenheit von Eisen. Wenn Eisen im Felde anwesend ist, wird die Proportionalität zwischen Strömen und Feldern mehr oder weniger (Milderung durch Luftspalte) gestört. Das hat zur Folge, daß die Induktivitäten nicht mehr von den Strömen unabhängig sind. Bei Wechselstromkreisen kann man zur Beschreibung der Vorgänge in den meisten Fällen mit den Werten der Induktivitäten rechnen, die für die Grundschwingungen der Ströme und Felder gelten. Für das Verhalten der Induktivitäten L_1, L_2 und M im bestimmungsgemäßen Betriebe ist der resultierende magnetische Zustand maßgebend, der sich ergibt, wenn beide Wicklungen von ihren Nennströmen durchflossen und vom Nennfluß durchsetzt werden.

2. Anwendung auf praktische Fälle

21. Transformator. Obwohl die Wicklungen eines Transformators eine räumliche Ausdehnung haben, sind doch die Begriffsbestimmungen der Nr. 12 anwendbar. Es ist nur zu beachten, daß die nach den Gl. (7a u. b) und (8a u. b) berechneten Flüsse in Strenge keine wirklichen Flüsse sind, sondern nur den Sinn von mittleren Windungsflüssen haben. Bei Transformatoren für die üblichen Netzfrequenzen stimmen diese mittleren Windungsflüsse sogar genügend genau mit dem Kernfluß überein.

Die Hauptinduktivitäten sind wegen der Anwesenheit von Eisen im allgemeinen von den Wicklungsspannungen, die Streuinduktivitäten von den Strömen abhängig. In den meisten praktischen Fällen können aber die Streuinduktivitäten als unabhängig von den Strömen angesehen werden. Die Gesamt- und Hauptinduktivitäten können aus Leerlaufmessungen ermittelt werden; dabei muß man zur genaueren Berechnung der Induktivitäten oder Blindwiderstände die Grundschwingungen der Ströme und Flüsse zugrunde legen. Genauer als nach Gl. (1a) mit den aus den Leerlaufversuchen gewonnenen Induktivitäten ergibt sich der Gesamtstreugrad ohne Kenntnis des Windungsverhältnisses aus einer Kurzschlußmessung und einer Leerlaufmessung, wenn $(R_2/X_2)^2 \ll \sigma$ oder $(R_1/X_1)^2 \ll \sigma$. Die Einzel-Streuinduktivitäten und Einzel-Streugrade dagegen sind nur durch eine möglichst genaue Messung der Übersetzung der Spannungen oder durch einen Gegenschaltversuch (für die

Streugrade zusammen mit den beiden Leerlaufversuchen) zu erfassen; dazu ist die Kenntnis des Windungsverhältnisses erforderlich.

22. Induktionsmaschine. Bei der stillstehenden Induktionsmaschine ist die Gegeninduktivität (Mehrphasen-Induktivität nach Nr. 14) wegen des Einflusses der Oberwellen des Feldes von der gegenseitigen Lage beider Wicklungen abhängig. Läuft die Maschine, so verschwinden diese Unterschiede. Man rechnet praktisch mit der bei umlaufender Maschine wirksamen mittleren Induktivität, die nur von der Grundwelle des Feldes abhängt. Die Oberwellen der fiktiven Luftspaltfelder äußern sich bei der umlaufenden Maschine in der Nähe der synchronen Drehzahl im wesentlichen wie Streufelder (Spaltstreuung). Deshalb setzt man den Hauptfluß gleich dem Fluß der Grundwelle der Luftspaltinduktion. Bezeichnet man diesen Hauptfluß mit φ_h, so gelten für die Hauptspulenflüsse die Gleichungen

$$\psi_{1h} = \xi_1 w_1 \varphi_h \text{ und } \psi_{2h} = \xi_2 w_2 \varphi_h, \quad (16\text{a u. b})$$

worin ξ_1 und ξ_2 die Wicklungsfaktoren je eines Stranges der beiden Wicklungen bedeuten. Es gelten die Gleichungen in Nr. 12, wenn wir $\xi_1 w_1$ an Stelle von w_1 und $\xi_2 w_2$ an Stelle von w_2 setzen und in M nur die Grundwelle des Luftspaltfeldes berücksichtigen.

Die auf die Kreisfrequenz ω des Netzes bezogenen Blindwiderstände sind in diesem Fall

$$\left.\begin{aligned} X_{1h} &= \omega \frac{\xi_1 w_1}{\xi_2 w_2} M = \omega \xi_1 w_1 \frac{\Phi_{1h}}{\sqrt{2} I_1}, \\ X_1 &= \omega L_1, \quad X_{1\sigma} = \omega \left(L_1 - \frac{\xi_1 w_1}{\xi_2 w_2} M\right), \end{aligned}\right\} \quad (17\text{a bis c})$$

$$\left.\begin{aligned} X_{2h} &= \omega \frac{\xi_2 w_2}{\xi_1 w_1} M = \omega \xi_2 w_2 \frac{\Phi_{2h}}{\sqrt{2} I_2}, \\ X_2 &= \omega L_2, \quad X_{2\sigma} = \omega \left(L_2 - \frac{\xi_2 w_2}{\xi_1 w_1} M\right). \end{aligned}\right\} \quad (17\text{d bis f})$$

Darin ist Φ_{1h} (Φ_{2h}) der Fluß der Grundwelle des Luftspaltfeldes, das von dem Effektivstrom I_1 (I_2) [genauer seiner Grundschwingung] in der primären (sekundären) Wicklung erregt wird bei dem magnetischen Zustand Φ_{hr}, der sich bei Erregung aller Wicklungsstränge beider Wicklungen mit ihren Nennströmen ergibt:

$$\Phi_{hr} = \left|\dot{\Phi}_{1h} + \dot{\Phi}_{2h}\right| = M \left|\frac{\sqrt{2}\, \dot{I}_1}{\xi_2 w_2} + \frac{\sqrt{2}\, \dot{I}_2}{\xi_1 w_1}\right| \quad (18)$$

(vgl. Gl. 13).

Die Hauptinduktivitäten sind wie beim Transformator im allgemeinen von den Wicklungsspannungen, die Streuinduktivitäten von den Strömen abhängig. Bei der Induktionsmaschine macht sich aber bei Strömen, die den Nennstrom überschreiten, gewöhnlich die Stromabhängigkeit der Streuinduktivitäten stärker bemerkbar als beim Transformator. Die Gesamtinduktivitäten können aus Leerlaufmessungen ermittelt werden; der Gesamtstreugrad ergibt sich (bei sehr langsam umlaufenden Läufer) aus einem Kurzschluß- und einem Leerlaufversuch.

Die Haupt- und Streublindwiderstände werden nach besonderen Formeln, letztere als Summe aus den Blindwiderständen der Nut-, Stirn- und Spaltstreuung berechnet; die Streugrade ergeben sich dann nach Gl. (5a u. b).

23. Gleichstrommaschine. Wenn sich bei der Gleichstrommaschine die Bürsten in der Symmetriestellung (zwischen den Hauptpolen) befinden, wäre nach den grundlegenden Definitionen der Nr. 1 sowohl das gesamte von der Hauptpolwicklung erregte Feld als auch das von der Ankerwicklung erregte, ein Streufeld. Diese Definitionen sind aber auf die Gleichstrommaschine nicht anwendbar. Für die in der Ankerwicklung induzierte elektromotorische Kraft der Bewegung ist der Fluß maßgebend, der mit einer von Bürsten kurzgeschlossenen Ankerspule verkettet ist. Man könnte zwar zwischen dieser kurzgeschlossenen Spule und der Erregerwicklung der Hauptpole nun die Definitionen der Nr. 1 anwenden, doch haben diese bei Gleichstrom keine praktische Bedeutung, weil der von der Erregerwicklung erregte Fluß in der Hauptsache nicht pulsiert, also in dieser und der kurzgeschlossenen Ankerspule keine elektromotorischen Kräfte induziert. Es können deshalb auch nicht Blindwiderstände im Sinne der Nr. 1 definiert werden.

Dagegen ist der Fluß im Polkern, etwa an der Polkernwurzel, von Bedeutung für die Bemessung des magnetischen Kreises. Man bezeichnet als Streufluß Φ_σ des Feldmagneten die Differenz aus dem Fluß Φ_k an der Polkernwurzel und dem in den Ankermantel eintretenden Fluß Φ und als Streugrad des Feldmagneten das Verhältnis

$$\sigma_F = \frac{\Phi_k - \Phi}{\Phi} = \frac{\Phi_\sigma}{\Phi}. \quad (19)$$

24. Synchronmaschine. Nach den Definitionen der Nr. 1 wäre die Streuung von der Lage des Anker-Luftspaltfeldes zum Feldmagneten abhängig, und wenn die Ankerwicklung mit Wirkstrom, bezogen auf die elektromotorische Längskraft (Längs-EMK), belastet ist, müßte man das ganze Ankerfeld als Streufeld auffassen. Praktisch rechnet man mit der Streuung bei induktiver Belastung der Maschine und zählt das Ankermantelfeld zum gesamten Luftspaltfeld. In diesem Falle kann man, wie bei der Induktionsmaschine, den Streugrad der Ankerwicklung nach Gl. (5a) berechnen, worin die Blindwiderstände durch die Gl. (17a und c) gegeben sind, wenn man die Größen der Ankerwicklung durch den Zeiger 1 kennzeichnet. Der Streublindwiderstand $X_{1\sigma}$ wird nach besonderen Formeln aus den Blindwiderständen der Nut-, Stirn- und Spaltstreuung berechnet.

Zur Berechnung des magnetischen Kreises dient der Streugrad des Feldmagneten nach Gl. (19). Zur Berechnung der Vorgänge beim plötzlichen Kurzschluß der Synchronmaschine ist die Streuung zwischen Ankerwicklung und Feldmagnetwicklung nach Nr. 1 einzuführen; dabei muß aber auch der Einfluß einer Dämpferwicklung im Feldmagneten noch berücksichtigt werden. (Fortsetzung folgt)

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

H. Kyser. — Am 7. August vollendete Herr Oberbaurat Dipl.-Ing. Herbert Kyser VDE, Weimar, sein 60. Lebensjahr. Seine berufliche Tätigkeit begann 1905 bei den Siemens-Schuckert-Werken, Technisches Büro Frankfurt am Main, später Kassel. 1906 wurde er in die Hauptverwaltung nach Berlin übernommen. Als Weltkriegsteilnehmer beim Feld-Art.-Reg. 71 Groß Komtur erhielt Kyser 1914 nach der Schlacht bei Tannenberg das EK. II und 1916 das EK. I. Nach einer kurzen Unterbrechung kehrte er 1920 zu Siemens-Schuckert zurück, wurde 1922 als Direktor zu Schuckert nach Nürnberg berufen und übernahm 1924 die technische Leitung des neugegründeten Thüringenwerkes. Zugleich trat er in den Vorstand der Saaletalsperre AG, der Schleizer Kleinbahn AG und des Großkraftwerk Erfurt AG ein. 1938 wurde er zum Wehrwirtschaftsführer ernannt. Kyser gehört einer größeren Zahl von Aufsichtsräten, Beiräten und Fachausschüssen an. Aus seiner literarischen Tätigkeit ist besonders sein mehrbändiges Werk „Die elektrische Kraftübertragung" bekannt, das auch in französischer, spanischer und russischer Übersetzung erschienen ist.

H. Kyser

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Obering. K. Alvensleben VDE, Berlin-Lankwitz, Kaulbachstr. 60 b
Dr.-Ing. A. Roggendorf VDE, Bitterfeld, Ignaz-Stroof-Str. 1 b

Abschluß des Heftes: 8. August 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 30 06 31.

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Springer-Verlag, Berlin W 9
62. Jahrgang Berlin, 21. August 1941 Heft 34

Elektrischer Leitungsmechanismus und Supraleitfähigkeit der Metalle

Von E. Justi, Berlin

DK 537.311.1+.312.62

*Übersicht**). Die Elektrotechnik beruht auf der Entdeckung, daß man mit Hilfe der Metalle Elektrizität erzeugen und fortleiten kann; für diese Erscheinung konnte der erste physikalische Erklärungsversuch erst unternommen werden, nachdem im Elektron das Atom der negativen Elektrizität aufgefunden war. Durch die mathematische Behandlung eines allen Metallen gemeinsamen „Elektronengases" nach Art eines stofflichen Gases entstand die erste Metalltheorie, deren Mängel und mögliche Verbesserungen dargestellt werden. Dann werden neue, hauptsächlich im Kältelaboratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt unternommene Versuche erläutert, die zur Vorstellung führen, daß die Elektronen keinen ungeordneten Gaszustand besitzen, sondern daß die elektrische und thermische Leitfähigkeit weitgehend auf der Kristallstruktur der Metalle beruht. Dies läßt sich anschaulich durch kristallographische Anisotropien der Leitfähigkeit der Metalle wie durch den Verlust der Leitfähigkeit mit dem der Kristallstruktur beweisen, und führt von der Vorstellung einer universellen Elektronengastheorie zu einer Typenlehre der metallischen Leitung, in der den Elektronen der halbkristalline Ordnungszustand einer Flüssigkeit zugeschrieben wird. In diesem Zusammenhang wird auch der Stand des Problems der Supraleitfähigkeit der Metalle und Metallverbindungen kurz dargestellt und experimentell vorgeführt.

1. Entwicklung der Elektronengastheorie der Metalle bis zum Beginn der galvanomagnetischen Versuche der PTR

Erst viele Jahrzehnte, nachdem man durch Werner v. Siemens' Erfindung der Dynamomaschine elektrische Energie in industriellem Maßstab wirtschaftlich zu erzeugen gelernt hatte, entstand in der Elektronengastheorie der erste systematische Versuch, die für die Elektrotechnik grundlegende Fähigkeit der Metalle zum Erzeugen und Fortleiten der Elektrizität zu erklären. Tatsächlich war eine solche Theorie unmöglich gewesen, ehe man um die Jahrhundertwende durch Entdecken des Elektrons das praktisch schwerelose Atom der negativen Elektrizität aufgefunden hatte. Während der Kern des einzelnen Metallatoms, das positiv geladene Ion, von den Elektronen auf festen Bahnen umlaufen wird, heben sich die Anziehungskräfte der verschiedenen Ionen auf die äußeren Elektronen gegenseitig weitgehend auf, wenn die Atome wie im Metall mit seiner sinnfälligen hohen Dichte so eng aneinander gepackt sind, daß sich die äußeren Elektronenbahnen berühren bzw. überschneiden. Zur ersten Elektronentheorie der Metalle wendete man auf die Gesamtheit der zwischen den positiven Ionen frei beweglichen Leitungselektronen, die im Gefälle einer angelegten Spannung wandernd Träger des elektrischen Leitungsstromes werden, die damals gerade von Boltzmann entwickelte kinetische Gastheorie an. Diese hauptsächlich von Drude und Riecke vollzogene Entwicklung führte zu zwei bedeutenden Anfangserfolgen: Das empirisch bekannte Ohmsche Gesetz konnte nun theoretisch mit einer den damaligen noch beschränkten Beobachtungsergebnissen nicht widersprechenden Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes abgeleitet werden, und ebenso konnte der Wiedemann-Franzsche Erfahrungssatz von der Proportionalität des Quotienten der thermischen und elektrischen Leitfähigkeit zur absoluten Temperatur sogar quantitativ recht befriedigend abgeleitet werden.

Demgegenüber mußte man zunächst den Mangel in Kauf nehmen, daß die Leitungselektronen wie ein Gas von gleich vielen materiellen Atomen einen beträchtlichen Beitrag zur spezifischen Wärme der Metalle liefern sollten, was im Gegensatz zu den Meßergebnissen stand. Ferner zeigte die fortschreitende Experimentierkunst mit Hilfe von verflüssigtem Wasserstoff und Helium, daß der elektrische Widerstand reiner Metalle erwartungswidrig bei tiefen Temperaturen nicht nur nicht anwuchs, sondern sogar beschleunigt abfiel.

Diese beiden Schwierigkeiten stellten sich bald als grundsätzlich heraus und wurden erst behoben, als Sommerfeld [1][1]) 1928 zum Berechnen der Energiezustandswahrscheinlichkeiten der Leitungselektronen die Fermische Statistik anwandte, die sich von der klassischen Maxwell-Boltzmannschen Statistik darin unterscheidet, daß entsprechend dem bereits heuristisch bewährten Pauli-Verbot nie mehr als zwei Elektronen genau denselben Energiezustand besitzen dürfen; dieses Prinzip verhindert bei tiefen Temperaturen den Energieaustausch zwischen den Elektronen und den diese streuenden Ionengitterschwingungen, so daß die Ursache des elektrischen Widerstandes beseitigt wird, auch wenn das Gitter bei $T = 0°$ abs. nicht zu schwingen aufhört.

Um diese neuere Elektronengastheorie auf ihre Richtigkeit zu prüfen, ist es naheliegend, solche ihrer Folgerungen durch Messungen experimentell zu kontrollieren, die auf besonders spezifizierten Annahmen über den atomistischen Aufbau der Metalle beruhen. Für solche kritischen Aussagen sind besonders die galvanomagnetischen Effekte, wie etwa die Änderung des elektrischen Widerstandes durch ein zur Stromrichtung senkrechtes Magnetfeld, wichtig. Ein solches Feld lenkt bekanntlich die Ladungsträger senkrecht zu seiner eigenen Richtung und der des Stromes ab, so daß die Elektronen einen längeren Weg zurückzulegen haben, infolgedessen mehr Zusammenstöße mit dem schwingenden Ionengitter erleiden, woraus eine Widerstandserhöhung resultiert. Es ist nun eine unumgängliche Folgerung der Theorie des freien, isotropen Elektronengases, daß diese Widerstandserhöhung mit steigendem Magnetfeld nicht beliebig anwächst, sondern asymptotisch einem Grenzwert zustrebt.

*) Nach einem am 12. Februar 1941 vor der Jahreshauptversammlung des VDE-Bezirk Berlin gehaltenen Experimentalvortrag.

[1]) Die Zahlen in eckigen Klammern [] beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis, das am Schluß der Arbeit in H. 35 veröffentlicht wird.

Systematische Versuche über diesen magnetischen Quereffekt führte zuerst Grunmach [2] aus, und die von ihm bei Zimmertemperatur und Feldern von einigen 10 000 Oe erhaltenen Ergebnisse entsprachen wenigstens hinsichtlich des geringen Betrages der relativen Widerstandsänderung von nur 0,1 bis 0,001 % den theoretischen Erwartungen. 1929 gelang es Kapitza [3] unter bedeutendem materiellem Aufwand, die Widerstandsänderungsmessungen bis zu 300 000 Oe Höchstfeldstärke auszudehnen. Damit die das Magnetfeld erzeugenden Ströme von einigen 10 000 A die eisenfreie Feldspule nicht zerstörten, durfte der Stromstoß nicht länger als $^1/_{100}$ s andauern, und es gelang, in dieser Frist die notwendigen Widerstands- und Feldstärken-Messungen oszillographisch auszuführen. Kapitza beobachtete Widerstandszunahmen, die namentlich beim Abkühlen der Proben mit flüssigem Stickstoff (— 195 ° C) so groß ausfielen, daß sie den Betrag des feldfreien Widerstandes erreichten; selbst hier war noch keine Andeutung der erwarteten Widerstandssättigung zu bemerken, vielmehr stieg diese selbst bei 300 000 Oe noch linear mit dem Feld an.

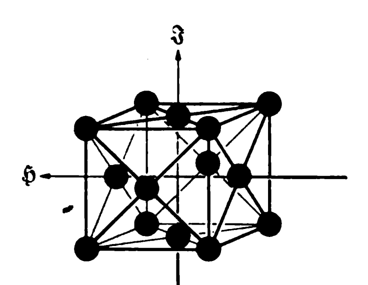
Kurze Zeit darauf gelang es Meißner und Scheffers [4] in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin-Charlottenburg, ähnlich große relative Widerstandsänderungen mit viel geringerem Aufwand zu erzeugen; sie wandten zwar nur gewöhnliche Elektromagnete an, senkten aber die Temperaturen weiter, indem sie ihre Metallprobe statt mit flüssigem Stickstoff (— 195 ° C = 78 ° abs.) mit siedendem Wasserstoff (— 253 ° C = 20 ° abs.) oder Helium (— 269 ° C = 4,2 ° abs.) kühlten. So gelang es ihnen, den Widerstand der durch ihre außerordentliche chemische Reinheit bekannten Goldkristalle der PTR bei 20 ° abs. durch Querfelder von nur 13 000 Oe beinahe zu verdoppeln, wobei sie ebenfalls eine streng lineare Feldabhängigkeit feststellten.

Die Versuche von Kapitza, Meißner und Scheffers erweckten insofern Zweifel an der Gültigkeit der neueren Theorie des freien isotropen Elektronengases, als die beobachteten relativen Widerstandszunahmen um wenigstens drei Größenordnungen höher als der theoretische Sättigungswert ausfielen; dagegen brauchte die fehlende Widerstandssättigung noch keinen ernstlichen Einwand gegen diese Theorie zu bilden, indem sich die mit dem Feld verzögert wachsende Widerstandszunahme erst bei noch höheren Feldern oder tieferen Temperaturen bemerkbar machen mußte.

2. Galvanomagnetische Versuche des Kältelaboratoriums der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und Entwicklung der Typenlehre der elektrischen Leitfähigkeit

a. Nachweis der Widerstandsanisotropie regulärer Metalle

Bei dieser Sachlage setzten sich unsere eigenen, 1935 begonnenen Versuche über den elektrischen Leitungsmechanismus der Metalle zunächst das Ziel, die magnetische Widerstandsänderung bei denselben tiefsten Temperaturen in höheren Feldstärken als den bisher angewandten zu untersuchen[2]). Als Versuchsstoff wählten wir zunächst [5] wiederum Goldkristalle. Durch eine günstigere Versuchsanordnung konnte gleichzeitig die Temperatur gesenkt und die Feldstärke erhöht werden, so daß der Widerstand nicht nur verdoppelt, sondern sogar verfünffacht werden konnte; dabei war $T = 14{,}0$ ° abs., $H = 18\,600$ Oe. Hierbei bemerkten wir immer noch nicht das verzögerte Ansteigen der Widerstandserhöhung mit der Feldstärke, wie es die Theorie des freien Elektronengases verlangte; dagegen beobachteten wir, daß beim mehrfachen Wiederholen der Versuche die Zahlenwerte etwas verschieden ausfielen. Von hier ausgehend fanden wir auch den Grund für das Versagen der Theorie: Die Widerstandszunahme blieb nämlich nur dann unverändert, wenn das Magnetfeld dieselben Winkel mit den Kristallachsen beibehielt.

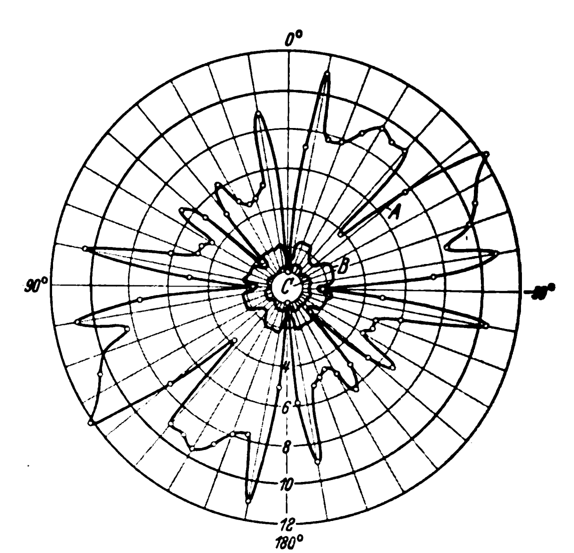


ℑ Richtung des elektrischen Stromes
ℌ Richtung des Magnetfeldes

Bild 1. Aufbau eines flächenzentrierten Metallkristalles.

Schwenkte man aber schrittweise das magnetische Querfeld um den Goldstab als Achse, so traten abwechselnd Minima oder Maxima der Widerstandsänderung auf, je nachdem, ob das Magnetfeld auf ausgezeichneten Kristallebenen senkrecht stand oder nicht. Aus diesen Beobachtungen konnte geschlossen werden, daß die Leitungselektronen keineswegs ein isotropes Gas (-Chaos) bilden, sondern sich auf kristallographischen Vorzugsebenen bewegen. Bei höheren Temperaturen wird diese kristallographische Anisotropie begreiflicherweise durch die stärkeren thermischen Gitterschwingungen verwischt, womit sich die Anfangserfolge der Elektronengastheorie bei höheren Temperaturen erklären. Zur Bestätigung dieses Befundes haben wir dann die Messungen auf solche Proben ausgedehnt, bei denen die Stabachse kristallographisch ausgezeichnet war, also z. B. der Würfelkante (kristallographische Indizes [100]) möglichst genau parallel ist (Bild 1). In diesem Falle mußte eine vierzählige Symmetrie auftreten, wie sie Bild 2 tatsächlich zeigt. Das Polardiagramm läßt erkennen, wie mit sinkender Temperatur, also abnehmender thermischer Gitterschwingung, sowohl die relative Widerstandszunahme wie deren Anisotropie gewaltig zunehmen. Eine genauere theoretische Analyse hat später [6] gezeigt, daß die elektrische Anisotropie durch die Anisotropie der Gitterschwingungen zustande kommt, mit denen die Leitungselektronen zusammenstoßen und dadurch den elektrischen Widerstand verursachen. Diese Gitterschwingungsanisotropie der einwertigen Metalle war schon durch die Untersuchungen über die kristallographische Anisotropie der Dehnungs- und Drillungsmodulwerte dieser Metalle bekannt [7].

Nur durch ein besonderes Meßverfahren war es möglich, solche Anisotropien zu bemerken. Bild 3 zeigt ein

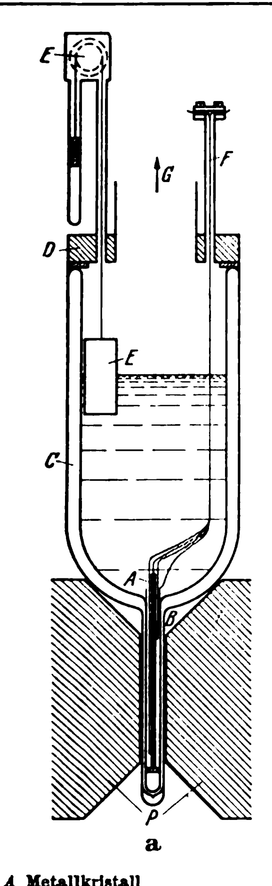


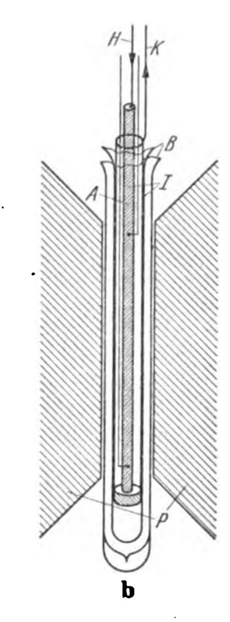
Kurve A bei $T = 4{,}22°$ abs. und $\mathfrak{H}_\perp = 18{,}6$ kOe
„ B „ $T = 20{,}4°$ „ „ $\mathfrak{H}_\perp = 35{,}2$ „
„ C „ $T = 20{,}4°$ „ „ $\mathfrak{H}_\perp = 21{,}7$ „

Bild 2. Polardiagramm der relativen Widerstandszunahme des Goldkristalles Au 13 [100] in Abhängigkeit von einer Drehung des magnetischen Querfeldes $\mathfrak{H}_\perp$ in der Ebene senkrecht zur Stabachse; Stabachse parallel zur Stromrichtung.

[2]) Die Messungen wurden vom Verfasser gemeinsam mit J. Kramer, H. Scheffers und Reinhart Schulze ausgeführt.

Vakuummantelgefäß C mit einem engen zylindrischen Ansatz B, der in einen schmalen, hohe Feldstärken ermöglichenden Magnetspalt P hineinpaßt und die zylindrische Metallkristallprobe A enthält. Dem Goldstäbchen A wird der Be-





A Metallkristall
B Ansatzrohr
C Hartglas-Vakuummantelgefäß
D Deckel dazu
E Schwimmer
F vakuumdichte Durchführung der Strom- und Spannungsdrähte
G Pumpstutzen
P Polschuhe

Bild 3a. Gesamtansicht.

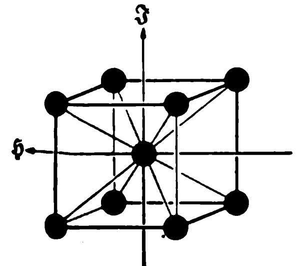
H, K Stromzuleitungen
I Glasröhrchen

Bild 3b. Rotationssymmetrische Zu- und Ableitung des Meßstromes in den Metallkristallen zur Vermeidung von Drehkräften.

Bild 3. Versuchsanordnung zum Messen des elektrischen Widerstandes von Metallkristallen bei tiefen Temperaturen unter Einwirken starker magnetischer Querfelder.

lastungsstrom von einigen Ampere durch einen axial angelöteten Draht H zugeleitet und durch ein ebenfalls rotationssymmetrisch angelötetes Kupferröhrchen J zurückgeleitet. Die beiden Potentialdrähte leiten den Spannungsabfall dem Kompensationsapparat und Spiegelgalvanometer zu. Flösse nun der Belastungsstrom, der bei dem minimalen Widerstand von weniger als $10^{-7}\,\Omega$ zum Erzeugen eines meßbaren Spannungsabfalles mehrere Ampere betragen muß, nicht rotationssymmetrisch, so würde das Magnetfeld ein Drehmoment auf die aus Kristall und Rückleitung gebildete Stromschleife ausüben und diese bei einer Schwenkung mit sich mitdrehen; schon aus diesem Grunde konnte früher keine Anisotropie bemerkt werden.

Wesentlich einfachere Verhältnisse erhofften wir uns bei der Untersuchung eines kubisch raumzentrierten statt



ℑ Richtung des elektrischen Stromes
ℌ Richtung des Magnetfeldes

Bild 4. Aufbau eines raumzentrierten Metallkristalls.

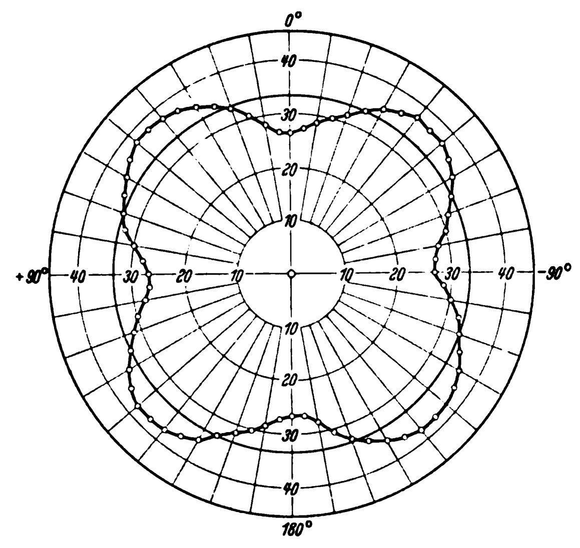


Bild 5. Polardiagramm der relativen Widerstandszunahme $10^7\,\Delta\varrho$ in [$\Omega\cdot$cm] des Wolframkristalles als Funktion des Drehwinkels im konstanten Querfeld von 18,1 kOe bei 4,22° abs.

flächenzentrierten Metallkristalles (Bild 4), und die Wahl fiel auf das durch chemische Reinheit und Härte ausgezeichnete Wolfram [8, 9]. Tatsächlich fällt hier das Polardiagramm besonders einfach aus, wie es Bild 5 für die Widerstandserhöhung bei 4,2 ° abs. als Funktion des Drehwinkels im konstanten Querfeld 18,1 kOe zeigt. Hier treten nur vier Minima der Widerstandszunahme auf, und zwar jedesmal, wenn das Magnetfeld senkrecht auf einer der Würfelebenen steht. Besonders überraschend ist aber der gewaltige Betrag, den hier die Widerstandszunahme erreicht. Nachdem der Widerstand von Zimmertemperatur bis zum He-Siedepunkt auf einige Zehntausendstel abgesunken ist, wächst er nach Einschaltung des maximalen Querfeldes 35 000 Oe über den Eispunktwiderstand hinaus, wird also auf rd. das 100 000fache erhöht (Bild 6). Offenbar ist dieser Fall erwartungsgemäß besonders einfach, denn alle Kurven der magnetischen Widerstandserhöhung wachsen fast genau quadratisch an und unterscheiden sich also für beliebige Temperaturen und Orientierungen nur um konstante Faktoren. So ist dieser Fall einer genauen elektronentheoretisch-

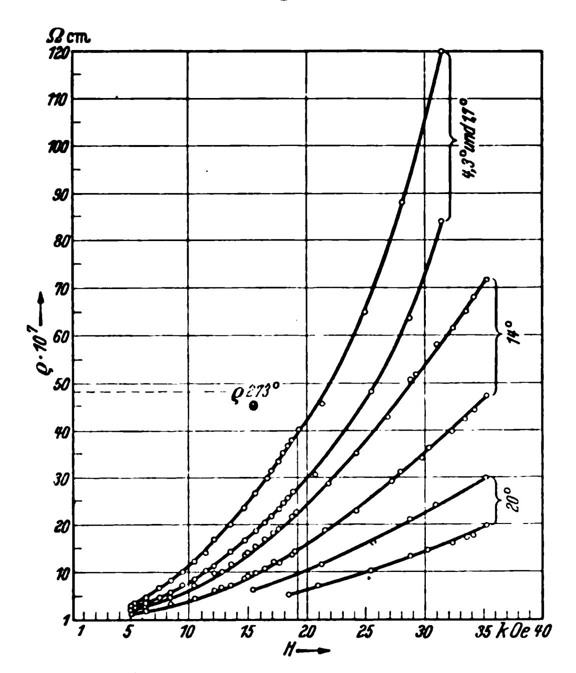


Bild 6. Verlauf der Widerstandsänderung $\Delta\varrho\cdot 10^7$ [$\Omega\cdot$cm] eines [100]-Wolframkristalls als Funktion der Querfeldstärke bei verschiedenen absoluten Temperaturen.

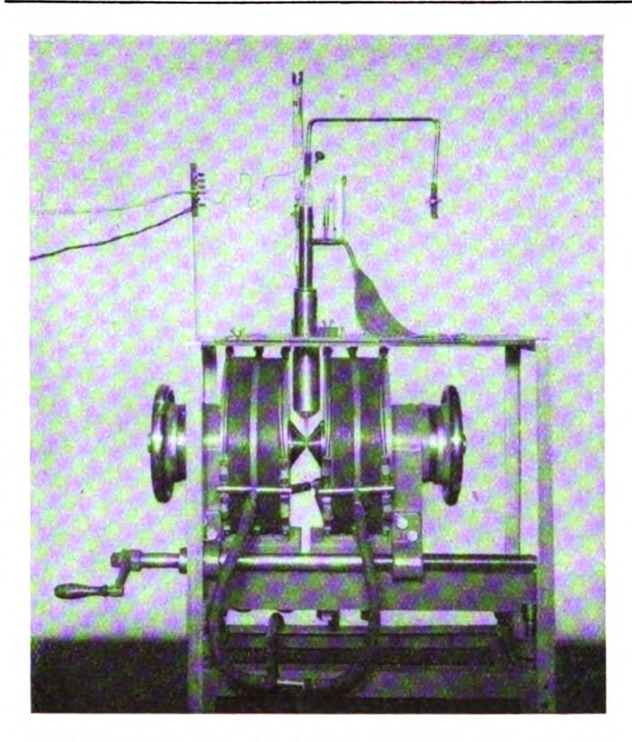
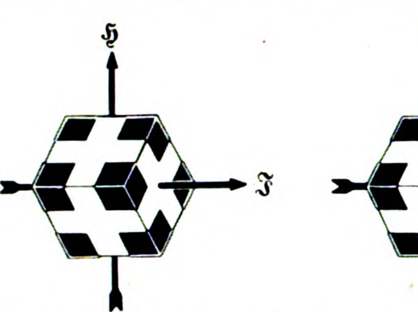


Bild 7. Versuchsanordnung mit Rühmkorfschem Magneten und Ganzmetall-Vakuummantelgefäß.



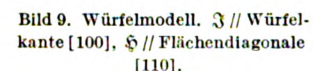


Bild 9. Würfelmodell. $\mathfrak{J}$ // Würfelkante [100], $\mathfrak{H}$ // Flächendiagonale [110].

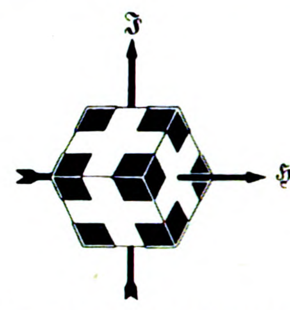
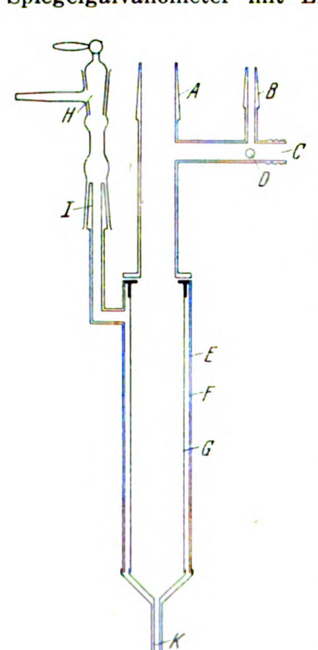


Bild 10. Würfelmodell. $\mathfrak{J}$ // Flächendiagonale [110], $\mathfrak{H}$ // Würfelkante [100].

kristallographischen Behandlung [10] zugänglich geworden, und es ist danach zu erwarten, daß dieses Metall durch chemisches Reinigen und hinreichendes Abkühlen in starken Magnetfeldern zum Isolator wird.

Dieser für die Elektronentheorie der Metalle wichtige Versuch konnte dem großen Auditorium vorgeführt werden. Dabei bestand die Versuchsanordnung (Bild 7) hauptsächlich aus dem mittelgroßen Rühmkorfschen Magneten mit konischen Ferrokobalt-Polschuhen von 20 mm Dmr., 6 mm Spalt, H_{max} = 31 000 Oe bei 1,7 kW Belastung, dem unzerbrechlichen Ganzmetall-Vakuummantelgefäß (Bild 8), der rd. 25 mm langen und 1,5 mm dicken Wolfram-Kristallprobe mit galvanisch verkupferten Enden und daran gelöteten verdrillten Strom- und Spannungsdrähten von 0,1 bzw. 0,2 mm Cu-Draht, zweimal mit Seide isoliert, je 70 cm lang, dem niedrigohmigen Spiegelgalvanometer mit Lichtzeiger und Skala, einem 6 V-Akkumulator, einem Belastungsstrommesser (z. B. Multavi), einem Vorschaltwiderstand und einem Stromwender. Der Belastungsstrom wird so eingestellt, daß der Ausschlag bei Zimmertemperatur + 100, nach Kommutieren — 100 Skalenteile beträgt. Einfüllen des flüssigen H_2 läßt den Ausschlag auf einen unmerkbar



A Gefäßhals mit Konus für Schliffkappe
B Konus für Manometer
C Pumpstutzen
D Anschluß für Gummiblase
E Außenmantel
F Vakuummantel
G Innenmantel
H Hahn des Vakuummantels
I Konus
K Ansatz für Metallprobe

Bild 8. Unzerbrechliches Ganzmetall-Vakuumgefäß.

kleinen Betrag von einigen Zehntel Teilstrichen abfallen. Einschalten des Querfeldes läßt den Ausschlag bei sehr reinen W-Präparaten wieder auf rd. ± 50 Skalenteile anwachsen. Schrittweises Drehen des Metallgefäßes im Spalt zeigt Änderungen des Galvanometerausschlages, die sich etwa wie 1 : 2 verhalten, entsprechend dem Polardiagramm (Bild 5). Das Würfelmodell (Bild 9) veranschaulicht, warum bei jeder Drehung um 90 ° infolge Wiederherstellung der kristallographischen Orientierung des Feldvektors $\mathfrak{H}$ dieselbe Widerstandszunahme beobachtet wird.

Damit gelangt man zu einem weiteren anschaulichen Zusammenhang zwischen Kristallbau und Widerstand. Man wählt einen Wolframkristall, dessen Stäbchenachse bzw. Stromrichtung $\mathfrak{J}$ nicht parallel zur Würfelkante [100], sondern zur Flächendiagonale (kristallographische Indizes [110]) gerichtet ist (Bild 10). Erst ein Schwenken von $\mathfrak{H}$ um 180 ° führt eine kristallographisch gleichwertige Orientierung herbei. Dementsprechend darf auch das Polardiagramm der Widerstandszunahme nur eine 360 °/180 ° = zweizählige Symmetrie zeigen, gegenüber der 360 °/90 ° = vierzähligen Symmetrie der vorherigen $\mathfrak{J}$-Orientierung nach Bild 9. Diese Erwartung wird durch das polare Widerstandsdiagramm Bild 11 bestätigt, das für $\mathfrak{H}$ // Würfelkante zwei tiefe Minima, für $\mathfrak{H}$ // Flächendiagonale zwei weniger tiefe Minima und schließlich vier ebenfalls trigonometrisch mit ausgezeichneten Kristallrichtungen identifizierbare Nebenminima aufweist. Hier führt die elektrische Kristallorientierung zu denselben Ergebnissen wie die durch Röntgenstrahlen. Den Beweis hierfür erbringt das Rückstrahldiagramm (Bild 12) eines auf der Stirnfläche dieses Kristalles in Richtung I // Flächendiagonale eingefallenen Röntgenstrahles: Die

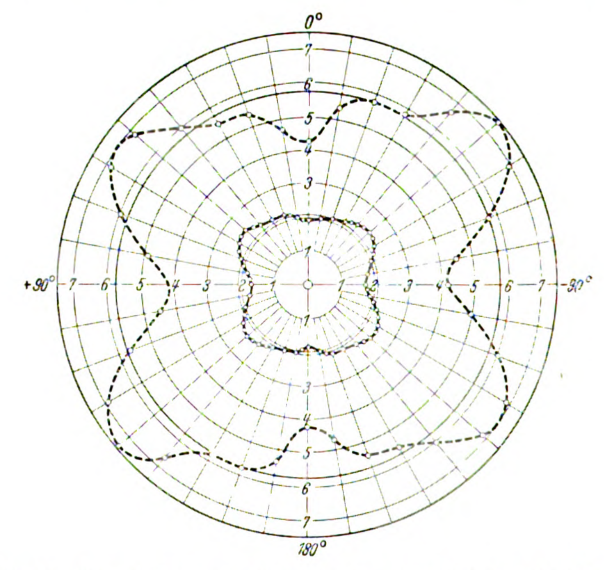


Bild 11. Polardiagramm der Widerstandszunahme $10^7 \cdot \Delta \varrho_\perp$ [Ω · cm] von Wo 1 ([110]) // $\mathfrak{J}$) bei der Drehung des Querfeldes $\mathfrak{H}_\perp$; bei 0° und 180° ist $\mathfrak{H}_\perp$ // [110]. Die innere Kurve bezieht sich auf einen unreineren Kristall Wo 4.

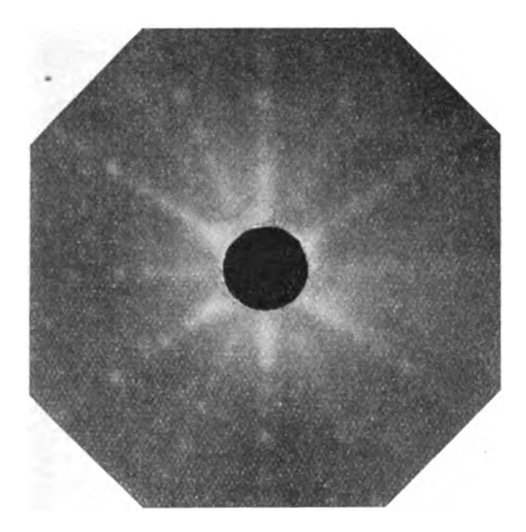


Bild 12. Röntgen-Rückstrahlaufnahme zu Bild 11; die Radien der Interferenzpunkte stimmen mit den Widerstandsminima von Bild 11 überein.

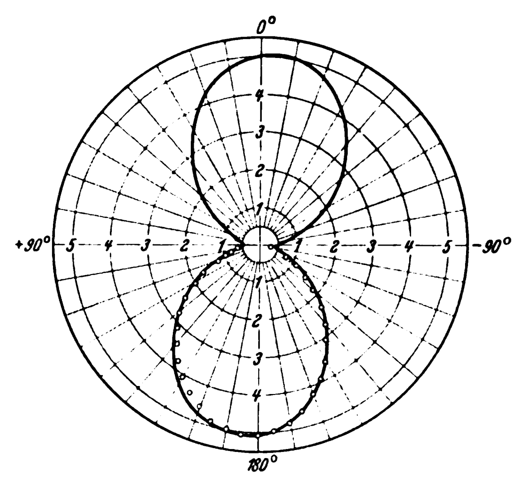


Bild 13. Polardiagramm der Widerstandszunahme $10^4 \Delta \varrho$ [Ω · cm] als Funktion der Richtungsunterschiede zwischen Strom- und Magnetfeldrichtung bei einem Wolframkristall bei 20° abs. und H = 9,33 kOe. Bei 0°, 180° ist $\mathfrak{H} \perp \mathfrak{J}$, bei ± 90° $\mathfrak{H} \parallel \mathfrak{J}$.

Strahlen der Interferenzpunkte bilden untereinander dieselben Winkel wie die Minima im Polardiagramm.

Wiederum trifft also die Theorie des freien isotropen Elektronengases nicht zu; hier beruhen aber die Anisotropien weniger auf der anisotropen Streuung der Leitungselektronen, denn W ist elastisch fast isotrop, als auf der Bindung der Elektronen an die positiven Ionen durch deren elektrostatische Potentialfelder. Bei *Au* ist also das Elektronengas nicht isotrop, und der elektrische Widerstand kommt vorzugsweise durch Streuungsanisotropie zustande; bei dem elastisch isotropen Wolfram ist umgekehrt das Elektronengas nicht frei, und der Widerstand wird durch Bindungsanisotropie verursacht.

Die elektrische Widerstandsanisotropie wird nicht durch das Magnetfeld hervorgerufen, sondern nur beobachtbar gemacht; die phänomenologische Theorie der Leitfähigkeit läßt nämlich lediglich auf Grund von Kristallsymmetrieansätzen erkennen, daß der elektrische Widerstand nur bei Anwesenheit einer Symmetriestörung wie der durch das Magnetfeld eine Widerstandsanisotropie zeigen kann, falls das Metall regulär kristallisiert, wie es meist der Fall ist. Statt durch ein Magnetfeld könnte die Anisotropie grundsätzlich auch durch eine andere Symmetriestörung, wie z. B. einseitigen Druck, bemerkbar gemacht werden. Die von Grüneisen und Goens [11] 1924 an den nicht regulären Metallen Kadmium und Zink entdeckte Abhängigkeit des Widerstandes von der Kristallrichtung tritt dagegen schon bei $H = 0$ auf und ist eine Folge der in verschiedenen Kristallrichtungen verschiedenen Atomabstände. Beide Erscheinungen sind voneinander weitgehend unabhängig; wie z. B. einerseits das reguläre *Au* im Magnetfeld anisotropen, bei $H = 0$ isotropen Widerstand zeigt, so ist Indium [15] infolge seiner irregulären (tetragonalen) Struktur bei $H = 0$ elektrisch anisotrop, die Widerstandszunahme trotzdem merklich isotrop.

Das Versagen der Elektronengastheorie äußert sich außer in dem bisher ausschließlich besprochenen Quereffekt auch im sogenannten Longitudinaleffekt, also bei der Widerstandsänderung, die ein zum Strom paralleles Magnetfeld hervorruft. Bild 13 zeigt beispielsweise bei 0° und 180° den Quereffekt, bei +90° und −90° den Längseffekt, und dazwischen die Widerstandszunahmen $\Delta \varrho_\varphi$, die als Funktion des Richtungsunterschiedes φ zwischen Strom und Magnetfeldrichtung auftreten, für einen Wolframkristall bei 20° abs. und $H = 9{,}33$ kOe. Das Längsfeld ruft hier nahezu eine Widerstandsverdoppelung hervor, obwohl nach der Theorie des Elektronengases die die Elektronen ablenkende Kraft wegen $\sin (I, \mathfrak{H}) = 0$ selbst gleich Null ist. *(Schluß folgt.)*

Ein neuartiger Scheinleistungs-Maximumanzeiger

Von F. Führer VDE, München

DK 621.317.785

Übersicht. Kürzlich wurde in dieser Zeitschrift von Paschen ein Scheinverbrauchzähler mit Kugelgetriebe beschrieben[1]), der als einziges bisher bekanntes Gerät eine theoretisch richtige Messung des Scheinverbrauchmaximums gestattet. In diesem Zusammenhang dürfte ein neuartiges, im folgenden beschriebenes Gerät interessieren, das eine richtige und einfache Messung der Scheinleistung ermöglicht.

Bei Großabnehmertarifen ist es vom Selbstkostenstandpunkt gesehen richtiger, die Bezugsgrößen für die Grundpreisberechnung auf das viertelstündige Scheinleistungsmaximum (kVA) statt auf das viertelstündige Wirkleistungsmaximum (kW) abzustellen. Hierdurch wird der Abnehmer in viel stärkerem Maße zur Leistungsfaktorverbesserung durch geschickte Betriebsführung oder zur Blindleistungskompensation durch Kondensatorbatterien angehalten, als dies bei den üblichen Tarifen der Fall ist, bei denen der Leistungsfaktor nur in den Blindarbeitskosten eine schwache Auswirkung findet.

Für das Stromversorgungsunternehmen ist es aber gerade zur Zeit der höchsten Lastbeanspruchung des Abnehmers wichtig, mit einem hohen Leistungsfaktor zu arbeiten, um eine gute Spannungshaltung zu erzielen und um die Übertragungsfähigkeit der Leitung voll auszunutzen. Der Grund, daß das kVA-Maximum als Bezugsgröße für den Grundpreis bisher wenig Eingang in die Praxis gefunden hat, ist darin zu erblicken, daß es bisher kein einfaches Meßgerät für das viertelstündige kVA-Maximum gegeben hat, das den Anforderungen hinsichtlich der Meßgenauigkeit in hinreichendem Maße entsprochen hätte.

[1]) P. Paschen, Scheinverbrauchzähler. ETZ 62 (1941) H. 9, S. 211.

Meßgeräte in der Art von Scheinverbrauchzählern mit Kunstschaltung sind schon lange bekannt; sie sind einfach im Aufbau, geben aber nur innerhalb eines beschränkten Meßbereiches, z. B. von $\cos\varphi = 1{,}0$ bis 0,8 bzw. von $\cos\varphi = 0{,}9$ bis 0,5 hinreichend genaue Meßwerte. Außerhalb dieses Meßbereiches wächst der Meßfehler rasch an. Solche Meßgeräte sind nur dann gut verwendbar, wenn die mutmaßlichen Schwankungen des Leistungsfaktors schon im voraus ziemlich genau bekannt sind. Die einzigen auf dem Markt befindlichen, theoretisch richtig anzeigenden kVA-Maximumanzeiger sind die mit Maximumwerk ausgestatteten Scheinverbrauchzähler mit Kugelgetriebe; sie sind sozusagen Wunderwerke der Feinmechanik. Unter Verwendung eines Kraftverstärkers als Zwischenglied können sie auch mit schreibendem Maximumwerk ausgestattet werden. Diese hochwertigen Geräte kommen als Tarifgeräte aus preislichen Gründen wohl nur in Sonderfällen in Betracht.

Im folgenden wird ein neuartiger kVA-Maximumanzeiger[2]) beschrieben, der genaue Meßwerte aufzeichnet und doch einfach im Aufbau ist, so daß er als Tarifgerät besonders geeignet sein dürfte. Das Gerät registriert auf einem Papierstreifen die viertelstündigen Wirk-, Blind- und Scheinleistungen eines Monats.

1. Prinzip des neuen Maximumanzeigers

Die Scheinleistung wird als geometrische Summe aus Wirkleistung und Blindleistung vom Meßgerät zeichnerisch ermittelt. Dies geschieht dadurch, daß bei einem viertelstündigen Wirkleistungsschreiber üblicher Bauart mit Geradführung des Schreibstiftes in Ordinatenrichtung der Vorschub des Papierbandes in Abszissenrichtung nicht durch eine Uhr, wie bei den üblichen Wirkleistungsschreibern, sondern durch einen Blindverbrauchzähler bewirkt wird. Das Wesentliche des Meßprinzips besteht also darin, daß die Papierbahn verhältnisgleich mit der Zahl der aufgetretenen Blind-kWh vorgeschoben wird.

Die Papiertrommel wird entweder durch eine mechanische Kupplung mit dem Blind-kWh-Zähler mit Schneckenrädern oder auf elektrischem Wege angetrieben, indem in bekannter Weise der Zähler mit einer Kontaktvorrichtung, z. B. einem Ferrari-Festmengenkontakt, versehen wird, so daß bei jeder aufgetretenen Festmenge, z. B. 1 Blind-kWh, ein elektromagnetisches Fortschaltwerk um einen Zahn weitergeschaltet wird. Der elektrische Antrieb hat den Vorteil, daß jeder beliebige Zähler mit Kontaktvorrichtung mit dem Schreibgerät gekuppelt werden kann, so daß der Meßbereich des kVA-Maximumanzeigers unbegrenzt ist, d. h. daß das Gerät je nach den Abnahmeverhältnissen des betreffenden Verbrauchers bei kleineren, mittleren und großen Leistungen angewendet werden kann.

Der Schneckenradantrieb des Papiertransportes ist so bemessen, daß die vom Blindverbrauchzähler beeinflußte Papierbewegung in Abszissenrichtung im richtigen Maßstab zu der vom Wirkverbrauchzähler beeinflußten Schreibstiftbewegung in Ordinatenrichtung steht. Die Strecke von 1 cm Abszisse entspricht also der gleichen Festmengenzahl wie 1 cm Ordinate, nur mit dem Unterschied, daß die Abszissenbewegung durch Blind-kWh-Festmengen, die Ordinatenbewegung durch Wirk-kWh-Festmengen gesteuert wird.

2. Wirkungsweise des Meßgerätes

Der vom Wirkverbrauchzähler gesteuerte Schreibstift bewegt sich innerhalb der viertelstündigen Registrierperiode im Maße des seit Beginn der Registrierperiode angefallenen Wirkstromverbrauches in Ordinatenrichtung. Gleichzeitig bewegt sich die Papierbahn entsprechend dem seit Beginn der Registrierperiode angefallenen Blindstromverbrauch in Abszissenrichtung. Der Schreibstift beschreibt also während der viertelstündigen Registrierdauer einen Kurvenzug bzw. bei konstanten Lastverhältnissen eine Gerade. Nach Ablauf der Viertelstunde entkuppelt sich der Schreibstift in üblicher Weise und fällt auf den unteren Rand der Papierbahn zurück. Dann beginnt das Spiel von neuem.

Der in einer Viertelstunde zurückgelegte Ordinatenweg ist ein Maß für die viertelstündige Wirklast N_W, der während einer Viertelstunde zurückgelegte Abszissenweg ist ein Maß für die viertelstündige Blindlast N_B, und die Verbindungsstrecke des Anfangs- und Endpunktes des während einer Viertelstunde zurückgelegten Gesamtweges ist ein Maß für die viertelstündige Scheinleistung N; denn da es sich um rechtwinklige Koordinaten handelt, gilt die Beziehung

$$N^2 = N_W^2 + N_B^2 .$$

Aus dem Diagramm lassen sich zwei Arten von viertelstündigen Mittelwerten der Scheinleistung herauslesen:

a. Die Scheinleistung als geometrische Summe aus dem viertelstündigen Mittelwert N_W der Wirkleistung und dem viertelstündigen Mittelwert N_B der Blindleistung. Dieser Mittelwert $\sqrt{N_W^2 + N_B^2}$ ist durch die Sehne des viertelstündigen Kurvenzuges dargestellt.

b. Die Scheinleistung als Quotient aus den in einer Viertelstunde aufgetretenen Scheinleistungsmengen kVAh und der Zeitdauer von einer Viertelstunde. Dieser Mittelwert

$$\left(\sum_{t = t_0}^{t = t_0 + 1/4\,\mathrm{h}} \sqrt{[\Delta\ \text{Wirk-kWh}]^2 + [\Delta\ \text{Blind-kWh}]^2} \right) : 1/4\ \mathrm{h}$$

ist durch die Länge des viertelstündigen Kurvenzuges dargestellt. In der obigen Formel bedeutet Δ den kleinsten Teilbetrag, d. h. die Festmenge des Wirk- und Blindverbrauches. Die beiden Mittelwerte a. und b. werden identisch, wenn der $\cos\varphi$ während der viertelstündigen Registrierdauer konstant bleibt. Es bleibt freigestellt, für welchen der beiden Mittelwerte man sich für die Tarifberechnung vertraglich einigen will. Der Mittelwert a. (fiktiver Mittelwert der Scheinleistung) wird mit dem Lineal, der Mittelwert b. dagegen durch den Kurvenmesser (Kilometerzähler für Landkarten) herausgemessen.

In dem Maße, als man zur Steuerung des kVA-Maximumanzeigers eine im Vergleich zum viertelstündigen Festmengen-Gesamtverbrauch kleine Einheit der Festmenge, z. B. $^1/_5$ Wirk- bzw. Blind-kWh, wählt, nähert sich der Mittelwert b. dem physikalischen Begriff der Scheinleistung. Das Einstellen der geeigneten Festmenge ist durch Wahl passender Wirk- und Blindverbrauchzähler mit Kontakteinrichtungen leicht zu vollziehen.

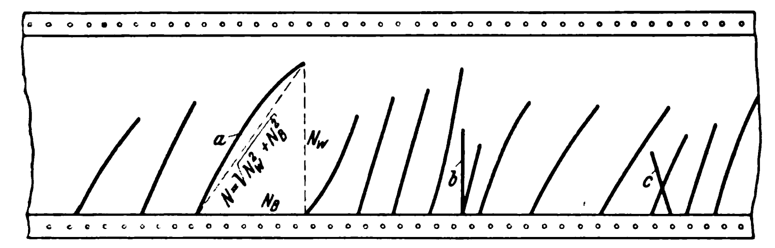
3. Art der Meßwertangabe

Für Tarifzwecke ist es praktischer, den Mittelwert a. als Grundlage für die Strompreisberechnung vertraglich festzulegen. Hierbei ist die Wahl der Einheit der Festmenge auf das Meßergebnis innerhalb weiter Grenzen ohne wesentlichen Einfluß. Um die höchste viertelstündige Scheinleistung gemäß Definition von a. in einem Monat zu ermitteln, braucht man sich nur den längsten viertelstündigen Kurvenzug herauszusuchen, die Sehne des Kurvenzuges mit einem Millimetermaßstab abzumessen und mit der Meßkonstanten zu multiplizieren oder ein in kVA geeichtes Lineal anzulegen (vgl. Bild 1).

Ferner lassen sich Wirkleistung, Blindleistung und Phasenwinkel herausmessen; denn die Sehne des Kurvenzuges ergibt im Zusammenhang mit den rechtwinkligen Komponenten in der Abszissen- und Ordinatenrichtung ein phasengetreues Abbild der mittleren viertelstündigen Lastverhältnisse.

Selbst in dem selteneren Falle, daß der $\cos\varphi$ kapazitiv wird, zeigt der kVA-Maximumanzeiger, sofern der Papiertransport vom Blindverbrauchzähler durch mecha-

[2]) Von den Isarwerken G.m.b.H., München, zum Patent angemeldet.



a induktive Belastung *b* reine Wirkbelastung *c* kapazitive Belastung

Bild 1. Mit dem neuartigen Scheinleistungs-Maximumanzeiger aufgenommener Belastungsverlauf.

nische Kupplung angetrieben wird, richtig an; denn sobald der Abnehmer vom Blindleistungsbezug (induktive Belastung) zur Blindleistungseinspeisung ins Netz (kapazitive Belastung) übergeht, kehrt sich die Drehrichtung des Blindverbrauchzählers um, so daß die vom Blindverbrauchzähler fortbewegte Papierbahn rückwärts läuft, was zur Folge hat, daß also auch im Falle der kapazitiven Belastung ein geometrisch richtiges und phasengetreues Abbild des Scheinleistungsvektors aufgezeichnet wird. Bild 1 zeigt als Beispiel einen Diagrammstreifen mit induktiver, kapazitiver und reiner Wirkbelastung.

Für die Aufzeichnung der viertelstündigen Meßwerte kann weißes Papier ohne Vordruck verwendet werden. Auch die Wartung ist bei diesem kVA-Maximumschreiber wesentlich einfacher als bei einem schreibenden Meßgerät mit tageszeitlicher Registrierung, bei dem neben der Auswechselung des Papierbandes die Uhr regelmäßig aufgezogen und auf richtige Zeit nachgestellt werden muß. Dagegen ist bei dem vorstehend beschriebenen kVA-Maximumanzeiger nur eine Auswechselung des Papierbandes erforderlich, weil das Papier nicht durch ein Uhrwerk, sondern durch den Blindverbrauchzähler vorgeschoben wird und dieser keiner besonderen Wartung bedarf.

Das schreibende Gerät kann auch als selbstanzeigendes Maximumgerät mit Schleppzeiger ausgestattet werden, indem man ein fest eingebautes Kurvenmesserrädchen neben dem Schreibstift auf der Papierbahn abrollen läßt. Der Zeiger des Kurvenmessers schiebt hierbei einen Schleppzeiger vor sich her, der auf dem jeweils erreichten höchsten Stand des Meßwertes (physikalischer Mittelwert der viertelstündigen Scheinleistung) stehen bleibt, während der Zeiger des Kurvenmessers nach jeder Viertelstunde auf die Nullstellung seiner Skala zurückgeführt wird. Begnügt man sich mit dem Höchstwert des viertelstündigen kVA-Maximums eines Monats und verzichtet man auf die gleichzeitige Aufzeichnung aller übrigen viertelstündigen Meßwerte eines Monats, so kann das Papierband durch ein dauerhaftes endloses Band, z. B. aus Gummi, oder durch eine Trommel ersetzt werden, wodurch sich der Aufbau des Gerätes noch weiter vereinfacht.

Zusammenfassung

Durch Austausch des Uhrwerkantriebes eines viertelstündigen Wirkleistungsschreibers gegen einen Antrieb des Papierbandvorschubs durch einen Blindverbrauchzähler wird eine neuartige Wirkung erzielt. Die Länge der viertelstündlich aufgezeichnnten Kurven bzw. deren Sehnen sind ein Maß für die viertelstündige Scheinleistung (kVA).

Form und Lage der viertelstündigen Kurven geben Aufschluß über die Art des Belastungszustandes (induktiv, kapazitiv). Die Wirk- und Blindkomponenten der viertelstündigen Belastungen und der mittlere $\cos\varphi$ sind leicht ablesbar. Für die Tarifberechnung interessiert die längste viertelstündige Kurve, welche das **kVA-Maximum** darstellt.

Röhrenrauschen und Widerstandsrauschen

Von F. Borgnis, Graz

DK 537·543

Übersicht. Der Aufnahme drahtloser Signale sind durch den Störspiegel des Empfangsgerätes Grenzen gesetzt; am Empfänger tritt das „Empfängerrauschen" auf, das sich aus Röhrenrauschen und Widerstandsrauschen zusammensetzt. Diese Erscheinungen lassen sich grundsätzlich nicht unter ein gewisses Maß herunterdrücken und bestimmen daher eine untere Grenze der Empfangsmöglichkeit. Die dem Rauschen zugrunde liegenden physikalischen Vorgänge werden besprochen und an Beispielen erläutert.

Einleitung

Der Empfang drahtloser Zeichen ist nur so lange möglich, wie die einfallende Signalenergie den Störspiegel um einen entsprechenden Betrag übertrifft. Die Störenergien sind nicht allein durch außerhalb des Empfangsgerätes wirksame Einflüsse bedingt; das Empfangsgerät selbst besitzt einen gewissen Störspiegel, der sich im sogenannten Empfängerrauschen bemerkbar macht. Die auftretenden Rauschspannungen lassen sich grundsätzlich nicht unter ein bestimmtes Mindestmaß herunterdrücken und bestimmen die erreichbaren Grenzen des Empfangs. Die im Empfänger vorhandenen Rauschspannungen rühren von den Erscheinungen des Röhrenrauschens und des Widerstandsrauschens her. Beide Effekte sind insofern nahe verwandt, als sie beide auf statistischen Schwankungserscheinungen beruhen; jedoch bestehen zwischen beiden Vorgängen feinere Unterschiede, die sich in den Formeln für die mittleren Rauschspannungen widerspiegeln.

Das Röhrenrauschen

Für den Vorgang des Röhrenrauschens ist die Tatsache der Existenz des elektrischen Elementarquantums ($e = 1{,}59 \cdot 10^{-19}$ Coulomb) verantwortlich. Der von der Kathode zur Anode einer Elektronenröhre übergehende Strom setzt sich aus den Elektronen zusammen, die den glühenden Heizfaden im Zeitmittel in gleichbleibender Anzahl verlassen. Der Austritt der Elektronen aus dem Heizfaden geht jedoch nicht in völliger Regelmäßigkeit vor sich; manchmal werden etwas mehr, manchmal etwas weniger Elektronen den Faden verlassen, was sich in kleinen unregelmäßigen Schwankungen des Anodenstromes bemerkbar macht. In den angeschlossenen Schaltelementen rufen diese Stromschwankungen kleine Spannungsschwankungen hervor, die sich beim Empfang in einem Rauschen äußern, das das ankommende Signal, falls es eine gewisse Grenze unterschreitet, völlig überdeckt und damit einen Empfang unmöglich macht. **Schottky** hat zuerst auf diese Erscheinung hingewiesen und sie quantitativ berechnet; sie wird häufig auch mit Schroteffekt bezeichnet.

Bedeutet I_a den mittleren Anodenstrom in A, e das elektrische Elementarquantum, Δf die Bandbreite, das heißt den Frequenzbereich, innerhalb dessen der Rauscheffekt sich auswirkt, so besitzt der mittlere Rauschstrom $\overline{i_R}$ die Größe

$$\overline{i_R} = \sqrt{\overline{i_R^2}} = \sqrt{2\, e\, I_a\, \Delta f} = 0{,}56 \cdot 10^{-9} \sqrt{I_a\, \Delta f} \text{ A.} \quad (1)$$

Er wächst mit der Wurzel aus dem übertragenen Frequenzband Δf, dem Anodenstrom I_a und dem Elementarquantum e[1]).

Die Herleitung der Gl. (1) beruht auf den Gesetzen der Schwankungserscheinungen einer großen Anzahl gleichartiger Vorgänge, die in bezug auf ihre Auslösung als voneinander unabhängig betrachtet werden können. Als Elementarvorgang liegt der Austritt und der Übergang eines Elektrons von der Kathode zur Anode zugrunde; es wird dabei angenommen, daß eine gegenseitige Beeinflussung der Elektronen bei ihrem Austritt und bei ihrer Wanderung nicht vorhanden ist[2]).

Das Widerstandsrauschen

Nahe verwandt, wenn auch in einzelnen Zügen verschieden, ist die Erscheinung des Widerstandsrauschens. An den Enden eines ohmschen Widerstandes R, der die absolute Temperatur T besitzt, tritt eine mittlere Rauschspannung $\overline{u_R}$ auf, die von R, T und der Bandbreite Δf abhängt. Das Widerstandsmaterial spielt dabei keine Rolle, es ist gleichgültig, ob es sich um einen Leiter, einen Halbleiter oder einen Elektrolyten handelt.

Diese Erscheinung läßt sich so verstehen, daß im Innern eines Leiters die Elektronen oder Ionen, die den Stromtransport und damit die Leitfähigkeit vermitteln, in steter Temperaturbewegung begriffen sind. Zwischen zwei Zusammenstößen mit anderen Stoßpartnern durchfliegt ein Ladungsträger frei eine gewisse Strecke, die sogenannte freie Weglänge. Beim Zurücklegen dieses Weges ruft nun jeder Ladungsträger im äußeren Stromkreis, dem der betreffende Widerstand R angehört, einen kleinen Stromstoß und damit einen kleinen Spannungsstoß an den Enden des Widerstands R hervor. Infolge der statistischen Unregelmäßigkeit der thermischen Bewegung ist zwar die Summe aller dieser kleinen Ströme im Zeitmittel Null, das quadratische Mittel weist jedoch einen endlichen Wert auf und ist für eine am Widerstand auftretende mittlere Rauschspannung verantwortlich.

Die Berechnung der Größe dieser mittleren Rauschspannung wurde zuerst von Nyquist durchgeführt; sie fußt auf rein thermodynamischer Grundlage und macht Gebrauch von dem Maxwellschen Gleichverteilungssatz der Energie, wonach in einem System, das sich im thermodynamischen Gleichgewicht befindet, die gesamte Energie gleichmäßig auf alle vorhandenen Freiheitsgrade des Systems verteilt ist, wobei auf jeden Freiheitsgrad der Betrag $\frac{1}{2}\,kT$ entfällt; $k = 1{,}37 \cdot 10^{-23}$ Joule/°K ist die Boltzmannsche Konstante. Durch Abzählen der vorhandenen Freiheitsgrade (hier die Anzahl der möglichen Schwingungszustände im Frequenzintervall Δf) und Multiplikation mit $\frac{1}{2}\,kT$ folgt die mittlere Rauschleistung eines Widerstandes R der Temperatur T im Frequenzbereich Δf zu

$$N_R = 4\,k\,T\,\Delta f$$

unabhängig von R und der Lage des Frequenzbereiches. An einem ohmschen Widerstand der Größe R entsteht daher eine mittlere Rauschspannung

$$\overline{u_R} = \sqrt{R\,\overline{N_R}} = \sqrt{4\,k\,T\,R\,\Delta f}\ \text{V}. \qquad (2)$$

Für Zimmertemperatur ($T = 293\,°$K) erhält man zahlenmäßig:

$$\overline{u_R} = 1{,}26 \cdot 10^{-10}\sqrt{R\,\Delta f}\ \text{V}, \qquad (3)$$

oder, wenn man R in kΩ und die Bandbreite Δf in kHz rechnet,

$$\overline{u_R} = 0{,}126\,\sqrt{R_{k\Omega}\,\Delta f_{kHz}}\ \mu\text{V}. \qquad (3\,\text{a})$$

[1]) Gl. (1) gilt in einem Frequenzbereich, in dem Laufzeiterscheinungen noch keine Rolle spielen; im Bereich sehr hoher Frequenzen treten Abweichungen auf, die sich in einer Schwächung von $\overline{i_R}$ mit wachsender Frequenz äußern.

[2]) Diese Annahme gilt nicht mehr bei raumladungsbegrenzter Elektronenströmung; die Raumladung bewirkt eine Verminderung des mittleren Rauschstromes, die man durch Hinzunahme eines „Schwächungsfaktors“ F zu Gl. (1) berücksichtigt.

Man erkennt die weitgehende Ähnlichkeit im Aufbau der Gleichungen (1) und (2); beiden ist die Proportionalität mit der Wurzel aus der übertragenen Bandbreite gemeinsam. Man pflegt daher auch das Rauschen einer Röhre durch Angabe eines äquivalenten Rauschwiderstandes zu kennzeichnen, wodurch man auf einfache Weise die Wirksamkeit des Röhrenrauschens im Vergleich mit dem Rauschen der angeschlossenen Schaltelemente überblicken kann.

Die unterschiedlichen Voraussetzungen beim Herleiten der Gleichungen (1) und (2) werden durch das Auftreten der Elementarladung e in Gl. (1) deutlich, die in Gl. (2) nicht enthalten ist. Die rein thermodynamische Herleitung der Gl. (2) läßt den tieferen physikalischen Mechanismus des dem Widerstandsrauschen zugrunde liegenden Vorganges völlig offen. Die gewonnene Beziehung wäre ebenso gültig, wenn man sich die Elektrizitätsleitung nicht durch diskrete Ladungsträger, sondern etwa durch eine beliebig fein verteilte elektrische Flüssigkeit vermittelt vorstellte. Den Vorstellungen, die zum Berechnen des Schroteffektes dienen, liegt dagegen die Existenz eines Elementarquantums zugrunde, was dessen Auftreten in Gl. (1) bedingt.

Ersatzschaltungen für den Übergang von Rauschspannung zu Rauschstrom

Der Rauscheffekt einer Elektronenröhre wurde in Gl. (1) durch den mittleren Rauschstrom, der Rauscheffekt von Widerständen in Gl. (2) durch eine mittlere Rauschspannung gekennzeichnet. Der Übergang vom Rauschstrom zur äquivalenten Rauschspannung und umgekehrt läßt sich jederzeit durch den Übergang von dem Ersatzbild der eingeprägten Spannung zum Ersatzbild des eingeprägten Stromes vermitteln (Bild 1).

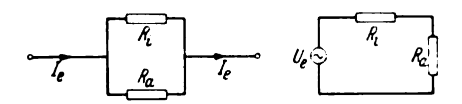


Bild 1. Ersatzschaltungen für den Übergang vom eingeprägten Strom I_e zur eingeprägten Spannung U_e.

Aus der Gleichheit des Stromes durch den äußeren Widerstand R_a folgt die Umrechnung von der eingeprägten Spannung U_e auf einen eingeprägten Strom I_e aus der Beziehung:

$$U_e = R_i\,I_e. \qquad (4)$$

Der Rauschstrom nach Gl. (1) bezieht sich auf das Ersatzbild des eingeprägten Stromes und gilt für den Fall $R_i = \infty$ (R_i ist hier mit dem inneren Röhrenwiderstand identisch). Die Rauschspannung nach Gl. (2) bezieht sich auf das Ersatzbild der eingeprägten Spannung und gilt für den Fall $R_a = \infty$ (Leerlauf). Sind im Zusammenwirken mit äußeren Schaltelementen R_i bzw. R_a nicht unendlich oder doch wenigstens sehr groß, so lassen sich auf Grund der Ersatzschaltung in Bild 1 die Verhältnisse einfach ausrechnen. Aus Gl. (3) erhält man beispielsweise die Umrechnung von der mittleren Rauschspannung $\overline{u_R}$ auf einen mittleren Rauschstrom $\overline{i_R}$ zu

$$\overline{i_R} = \frac{\overline{u_R}}{R_i} = \frac{\overline{u_R}}{R} = 1{,}26 \cdot 10^{-10}\sqrt{\frac{\Delta f}{R}}\ \text{A}. \qquad (5)$$

Das Kreisrauschen

Im allgemeinen hat man es bei den Schaltanordnungen nicht mit rein ohmschen Widerständen, sondern mit komplexen Widerständen zu tun, und es erhebt sich die Frage, wie groß die mittlere Rauschspannung eines solchen Kreises ist, der aus Induktivitäten, Kapazitäten und ohmschen Widerständen besteht. Man hat, wie sich zeigen läßt, die Gl. (2) in der Form

$$\mathrm{d}\left(\overline{u_R^2}\right) = 4\,k\,T\,R(f)\,\mathrm{d}f \qquad (6)$$

so auszulegen, daß der Beitrag $d\left(\overline{u_R^2}\right)$ in dem differentiellen Intervall df von der reellen Komponente $R(f)$ des komplexen Widerstandes geliefert wird. $R(f)$ bedeutet, daß diese Komponente im allgemeinen eine Funktion der Frequenz f ist. Um die gesamte Rauschspannung im Frequenzintervall f_1 bis f_2 zu erhalten, sind alle Beiträge $d\left(\overline{u_R^2}\right)$ über den Frequenzbereich f_1 bis f_2 zu summieren. Führt man an Stelle der Frequenz f die Kreisfrequenz $\omega = 2\pi f$ ein, so folgt aus Gl. (6) mit $df = d\omega/2\pi$:

$$\overline{u_R^2} = \frac{4kT}{2\pi}\int_{\omega_1}^{\omega_2} R(\omega)\,d\omega. \qquad (7)$$

Als Beispiel werde die mittlere Rauschspannung eines schwach gedämpften Schwingungskreises, dessen Ersatzbild in Bild 2 angegeben ist, berechnet.

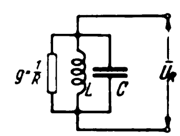


Bild 2. Ersatzbild eines schwach gedämpften Schwingungskreises.

Der komplexe Widerstand des Kreises ist

$$\mathfrak{R} = \frac{1}{g + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)},$$

der reelle Anteil

$$R(\omega) = \frac{g}{g^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}. \qquad (8)$$

Wir nehmen an, daß auf den Schwingkreis ein Verstärker folgt, dessen Bandbreite gegenüber der Resonanzbreite des Schwingkreises verhältnismäßig groß ist. Wir können dann für den Fall eines wenig gedämpften Kreises mit scharf ausgeprägter Resonanzkurve das Integral in Gl. (7) von $\omega_1 = 0$ bis $\omega_2 = \infty$ erstrecken. Führen wir die Resonanzfrequenz ω_0 durch $\omega_0^2 LC = 1$ ein, so folgt aus Gl. (8)

$$R(\omega) = \frac{g}{g^2 + \frac{C^2}{\omega^2}\left(\omega^2 - \omega_0^2\right)^2}. \qquad (9)$$

Der Integrand liefert nur in der Umgebung $\omega = \omega_0$ einen wesentlichen Beitrag; in genügender Näherung kann man daher $\omega^2 - \omega_0^2$ durch $2\omega_0(\omega - \omega_0)$ und ω selbst durch ω_0 ersetzen, so daß man den einfach zu integrierenden Ausdruck

$$R(\omega) = \frac{g}{g^2 + 4C^2(\omega - \omega_0)^2}$$

erhält. Unter der Voraussetzung, daß man einen schwach gedämpften Kreis $\left(g \ll \sqrt{C/L}\right)$ hat, ergibt sich demnach

$$\int_0^\infty R(\omega)\,d\omega = \int_0^\infty \frac{g\,d\omega}{g^2 + 4C^2(\omega-\omega_0)^2} = \frac{\pi}{2C}. \qquad (10)$$

Damit folgt für die mittlere Rauschspannung des Schwingkreises

$$\overline{u_R^2} = \frac{4kT}{2\pi}\,\frac{\pi}{2C} = \frac{kT}{C}$$

und

$$\overline{u_R} = \sqrt{\overline{u_R^2}} = \sqrt{\frac{kT}{C}} = \frac{63}{\sqrt{C_{pF}}}\ \mu V. \qquad (11)$$

Betrachten wir z. B. einen Schwingkreis für kurze Wellen mit $C = 10$ pF, so erhält man für Zimmertemperatur eine mittlere Rauschspannung $u_R = 20\ \mu V$.

Führt man in Gl. (11) an Stelle von $1/C$ die Halbwertsbreite Δf_H des Schwingkreises in kHz und den Resonanzwiderstand R_{res} in kΩ ein, so folgt für Zimmertemperatur zahlenmäßig

$$u_R = 0{,}16\sqrt{R_{res}\,\Delta f_H}\ \mu V. \qquad (12)$$

Zusammenfassung

Die durch statistische Schwankungserscheinungen verursachten Effekte des Röhren- und Widerstandsrauschens begrenzen die Möglichkeiten des Empfangs drahtloser Zeichen; die Signalspannung muß die Rauschspannung um ein gewisses Maß übersteigen, da sonst das Signal vom Rauschen völlig zugedeckt wird und jede weitere Verstärkung dann ihren Sinn verliert. Die Rauscheffekte sind sowohl beim Röhrenrauschen als beim Widerstandsrauschen der Wurzel aus der übertragenen Bandbreite proportional; daraus ergibt sich, daß die untere Signalspannungsgrenze, bei der eine Verstärkung noch möglich ist, für den Fall der Breitbandverstärkung (Bildübertragung) wesentlich höher liegen muß als etwa bei dem Empfang eines tonmodulierten Signals (Telegraphie).

Die Darlegung der den Gleichungen für die mittlere Rauschspannung einer Röhre und eines Widerstandes zugrunde liegenden physikalischen Voraussetzungen zeigt die Verwandtschaft beider Erscheinungen; dabei bestehen jedoch gewisse feinere Unterschiede, die sich aus den quantitativen Beziehungen erkennen lassen. Die Berechnung der mittleren Rauschspannung eines Schwingkreises zeigt, wie man beim Berechnen des Rauschens von Schaltanordnungen mit komplexen Widerständen vorzugehen hat.

Aus dem Schrifttum

W. Schottky, Über spontane Stromschwankungen in verschiedenen elektrischen Leitern. Ann. Phys., Lpz. 57 (1918) S. 541.

H. Nyquist, Thermal agitation of electric charge in conductors. Physic. Rev. 32 (1928) S. 110.

E. Spenke, Zur korpuskularen Behandlungsweise des thermischen Rauschens elektrischer Widerstände. Wiss. Veröff. Siemens-Werk 18 (1939) S. 174.

R. Feldkeller, Rauschspannungen an Schwingungskreisen. Veröff. a. d. Gebiete d. Nachr.-Technik 1936, Folge VII/4.

H. Rothe u. W. Kleen, Elektronenröhren als Anfangsstufenverstärker. Kap. 18. Das Rauschen der Verstärkerröhren. Bd. 3. Bücherei d. Hochfr.-Techn. (Akad. Verlagsges. Leipzig 1940).

Italienische Normen für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke

DK 621.317.728.(083.74) (45)

Vom italienischen elektrotechnischen Verband[1]) sind jetzt die mit Berücksichtigung der neuen deutschen und internationalen Normen für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke[2]) aufgestellten italienischen Normen veröffentlicht, die sich naturgemäß an die vorgenannten Normen bei der langjährigen Mitarbeit Italiens an den IEC-Arbeiten eng anlehnen. Nach einleitenden Bemerkungen von A. Dalla Verde über die Entstehung der von den früheren italienischen Normen beträchtlich abweichenden Neufassung begründet C. di Pieri im einzelnen die im Vergleich zu den deutschen Normen[3]) wesentlich kürzer gefaßten italienischen Normen. Die größeren Unterschiede seien daraus besonders hervorgehoben.

Statt der in den deutschen und IEC-Normen für die Oberflächenbeschaffenheit der Kugeln zugelassenen prozentualen Abweichungen des mittleren Kugeldurchmessers vom Sollwert wird in den italienischen Normen die Abweichung auf den Mittelwert von 3 willkürlich gewählten Durchmessern in drei senkrecht zueinander stehenden Schnittebenen bezogen, da dies ein leichteres Nachprüfen als die Bezugnahme auf den nur

[1]) C. di Pieri, Energia elettr. 17 (1940) S. 769 und Anlage zu Nr. 12, S. 1; 3 S., 7 B.; 4½ S., 4 B. — Derselbe Wortlaut auch in L'Elettrot. 19 (1940) S. 582 mit derselben Anlage.

[2]) W. Weicker, ETZ 60 (1939) S. 97 und 1307.

[3]) VDE 0430/XI. 39 „Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke."

schwer zu ermittelnden mittleren Durchmesser ermöglicht. Das Messen von Unebenheiten der Kugeloberfläche (statt des Sphärometers) mit Grenzlehren, die bekanntlich in die deutschen Normen neu übernommen sind, ist wenigstens im Anhang der italienischen Normen empfohlen. Die geforderten Schutzabstände gegen geerdete Flächen und Körper entsprechen ziemlich genau den deutschen Normen. Bei Fremdkörpern wird kein Unterschied zwischen isolierten und unter Spannung stehenden Körpern gemacht. Die Größe der Vorwiderstände stimmt bei den italienischen und deutschen Normen genau überein. Für den Korrektionsfaktor bei verschiedener Luftdichte enthalten die italienischen Normen neben einer genauen, die Verhältnisse des ganzen Schlagraumes nach S. Franck[4]) allerdings auch nicht berücksichtigenden Formel noch eine graphische Darstellung. Für Messungen bei Hochfrequenz sind entsprechend den IEC-Normen bei ungedämpfter Hochfrequenz 20 000 Hz, bei stark gedämpfter Hochfrequenz 300 000 Hz als höchstzulässig angegeben. Nach den deutschen Normen sind die entsprechenden Werte 10^4 bzw. $3 \cdot 10^5$ Hz. Was die Eichtafelwerte selbst anbetrifft, so sind von Italien die nach langer deutscher und englischer Vorarbeit in die IEC-Veröffentlichung 52 vom März 1939 eingesetzten Eichwerte, die allerdings einem Wunsch von V. S. Amerika zufolge[5]) für größere Kugeldurchmesser und größte Schlagweiten später noch um etwa 1 bis 1,5% erniedrigt werden sollten[6]), übernommen. Auch sind die Spannungswerte teilweise wie in den deutschen und IEC-Normen in Klammern gesetzt. Daß die Spannungswerte unter sich gut abgeglichen sind, wurde durch ein von Corregiari[7]) angegebenes Verfahren nachgeprüft, bei dem als Abszisse das Verhältnis Schlagweite s zu Kugeldurchmesser D und als Ordinate des Verhältnis kV/s in logarithmischem Maßstab aufgetragen ist. Diese Kurven lassen einen durchaus regelmäßigen Verlauf mit Abweichungen von höchstens 1% erkennen. *W. W.*

[4]) Arch. Elektrotechn. 33 (1939) S. 54; Referat in ETZ 60 (1939) S. 106.

[5]) Vgl. ETZ 60 (1939) S. 1308.

[6]) Aus naheliegenden Gründen ruhen diese fertig ausgearbeiteten Vorschläge und die sich darauf beziehenden Verhandlungen seit Kriegsbeginn vollständig.

[7]) L'Elettrot. 9 (1930) S. 376.

Bestimmung der Abmessungen von Schwungkörpern

DK 621.313.15

Die Bestimmung der Abmessungen von Schwungkörpern, wie sie bei Elektromaschinen angewendet werden, wurde bereits von K. Bätz[1]) behandelt. Dabei wurden langsamlaufende größere Maschinen mit großen Schwungmomenten zugrunde gelegt, so daß erst für Schwungräder mit mindestens 2,5 m Außendurchmesser und 10 tm² Schwungmoment in der entwickelten Leitertafel die Größenverhältnisse abgelesen werden können. Außerdem ist die Schwungradbreite mit Durchmesser und Drehzahl in einer Leiter vereinigt, was besonders für schnelllaufende Maschinen nachteilig ist.

[1]) K. Bätz, Zusatzschwungräder für mit Kolbenmaschinen gekuppelte elektrische Maschinen. ETZ 58 (1937) S. 1033.

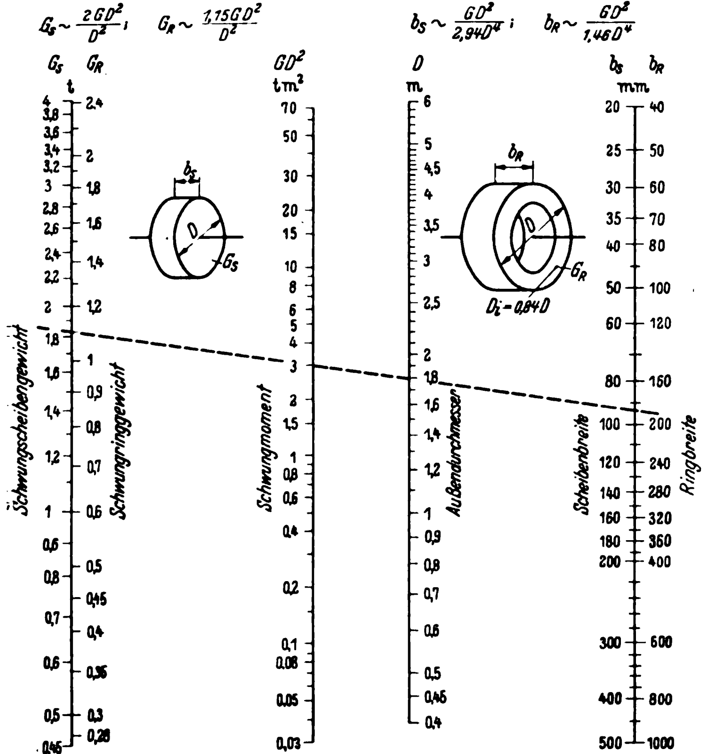


Bild 1. Leitertafel zum Bestimmen von Gewicht und Breite von Schwungscheiben und Schwungringen. Die Tafel gilt für Gußeisen mit der Wichte $\gamma = 7,3$ kg/dm³; für andere Werkstoffe sind die Werte auf deren Wichte umzurechnen. Ist das Schwungmoment gegeben, so kann nach der Wahl des Durchmessers die Breite und das Gewicht abgelesen werden; umgekehrt läßt sich auch aus Durchmesser und Breite oder Gewicht das Schwungmoment ablesen. Die gestrichelte Gerade veranschaulicht ein Beispiel.

Die in Bild 1 wiedergegebene Leitertafel ermöglicht ohne Rücksicht auf die Drehzahl ein genaues Ablesen von Breite und Gewicht, vor allem auch für kleinere Schwungmassen. Außer dem in der Leitertafel besonders behandelten Schwungring mit $D_i = 0,84\,D_a$ lassen sich auch für alle anderen Ringe oder Hohlzylinder durch Betrachten von zwei entsprechenden Scheiben gleicher Breite die Werte ablesen. Die Tafel wurde nach den Grundgleichungen

$$I_d = m\,\frac{r^2}{2} \quad \text{und} \quad I_d = m\,\frac{r_1^2 + r_2^2}{2}$$

aufgestellt. Das Schwungmoment errechnet sich aus $GD^2\,[\text{kgm}^2] \approx 40\,I_d$; hierbei ist

I_d das Massenträgheitsmoment in kgms²,
$m = G/g$ die Masse in kgs²/m,
r, r_1, r_2 sind die Radien in m.

In der Leitertafel ist Armsystem und Nabe unberücksichtigt; sie sind für das Schwungmoment von nur geringer Bedeutung. Für das Schwungmoment der Arme kann 7 bis 10 % von dem des Kranzes gesetzt werden. Das Gewicht wird durch Arme und Nabe erfahrungsgemäß um rd. 42 bis 55 % erhöht. Bei Schwungrädern mit vollem Boden an Stelle des Armsystemes betrachtet man diesen als Scheibe, wofür die genauen Werte abgelesen werden können.

Die Grenzen, die durch die maximal zulässige Umfangsgeschwindigkeit für die einzelnen Werkstoffe gegeben sind, sind hinreichend bekannt. Die Leitertafel ist außer zum Bestimmen der Schwungradgrubenabmessungen auch zum Ermitteln der Lagerdrücke und zur Preisbildung verwendbar.

A. Geißler, Dresden

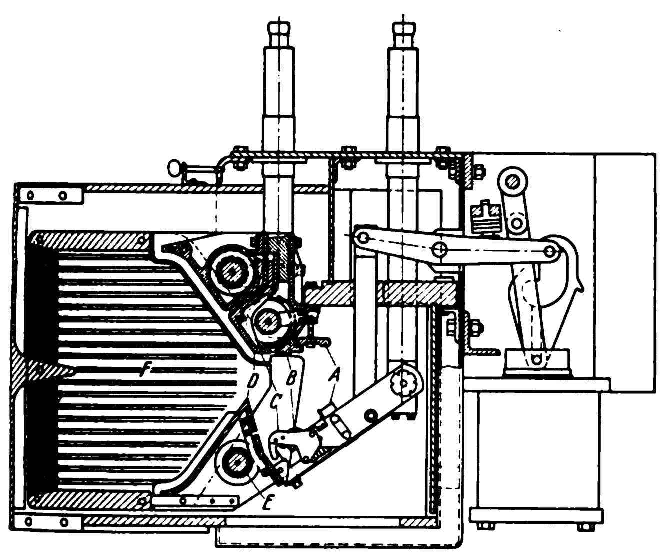
RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.316.54.064.241

Ein Hochspannungs-Luftschalter mit magnetischer Blasung. [Nach E. W. Boehne u. L. J. Linde, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 202; 6½ S., 13 B.; Disk. 4 S., 5 B.]

In Amerika gewinnt ein ölloser Leistungsschalter an Interesse, der den Schaltlichtbogen mittels magnetischer Blasung zum Erlöschen bringt. Er hat eine Drehstrom-Ausschaltleistung von 100 MVA bei 2300 bis 5000 V Betriebsspannung (Bild 1). Beim Abschalten wird der Strom nach dem



A Hauptkontakte *B* Zwischenkontakte *C* Abreißkontakte *D* Lichtbogen-Laufschienen *E* Blasmagnet *F* Lichtbogenkamin

Bild 1. Hochspannungs-Luftschalter mit magnetischer Blasung für 5000 V und 100 MVA Abschaltleistung.

Öffnen der Hauptkontakte unter Parallelschaltung einer Blasspule über Zwischenkontakte zunächst auf die Abreißkontakte gedrängt. Nach deren Trennen schaltet der Lichtbogen selbst die drei Blasspulen beim Weiterlaufen über hörnerartige Schienen nacheinander ein. Die zum Schluß zugeschalteten Spulen haben eine größere Windungszahl. Der Lichtbogen wird von den magnetischen Feldern in einen Kamin aus lichtbogenbeständigem Isolierstoff getrieben (Bild 2), wo ihm beim Verdampfen von Oberflächenteilen der Wandungen Wärme entzogen wird. Auf seinem Weg durch den Kühlkamin zwingen ihn die ineinandergreifenden Rippen zu einem langen schlangenförmigen Weg. Die hohe Brennspannung des derartig in die Länge gezogenen Lichtbogens verschiebt den Phasenwinkel auch stark induktiver Kreise beträchtlich. Nach der Unterbrechung des Stromes kehrt die Spannung daher langsamer wieder und erleichtert so den Abschaltvorgang. Das Einschwingen der Wiederkehrspannung wird außerdem auch von

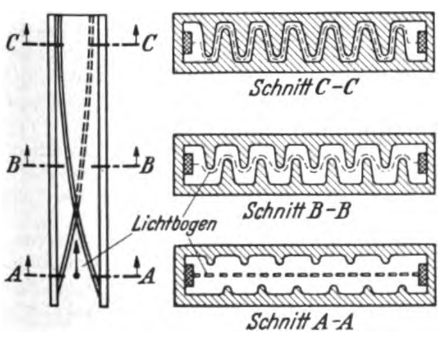


Bild 2. Lichtbogenkamin des Schalters.

der nach dem Unterbrechen des Stromes in geringem Maß noch vorhandenen Leitfähigkeit des Lichtbogenpfades günstig beeinflußt. Der Schalter arbeitet also praktisch unabhängig von der Eigenfrequenz des abzuschaltenden Netzes. Die beim Ausschalten entstehenden Lichtbogengase durchströmen vor ihrem Austritt einen Kühler, so daß innerhalb der Grenzen der normalen Schaltleistung kein Feuer austritt.

In konstruktiver Hinsicht wurde der Schalter den in Amerika gebräuchlichen Einbau- und Antriebsverhältnissen der Ölschalter angepaßt. Er ist für stahlgekapselte Schaltschränke verwendbar und hat einen nur wenig größeren Raumbedarf als der Ölschalter. Als Vorteil gegenüber diesem wird außer seiner Gefahrlosigkeit in bezug auf Brand und Explosion vor allem die Einfachheit seiner Wartung durch Fortfall einer Flüssigkeitsfüllung genannt.

Nach den Prüffeldergebnissen hat der Schalter seine besondere Eignung für die Industrie durch seine Unempfindlichkeit gegen starke Inanspruchnahme bewiesen. Er hat 140 Kurzschlußabschaltungen ausgeführt, von denen 65 über 50 MVA und 25 über 100 MVA lagen, ohne daß eine Überholung notwendig gewesen sein soll. Diese hohe Verschleißfestigkeit überrascht angesichts seines Löschprinzips, das im Gegensatz zum Bestreben des deutschen Schalterbaues auf große Lichtbogenlängen hin arbeitet und damit große Wärmemengen in Kauf nimmt. Da die Lichtbogendauer beim Ausschalten stärkerer Kurzschlüsse aber zwei Halbperioden bei 60 Hz nicht wesentlich überschreitet, ist anzunehmen, daß der stromstarke Lichtbogen schon erlischt, bevor er auf große Länge ausgezogen wird. Der Schalter unterbrach im Prüffeld dreipolig Ströme bis 33 000 A bei 2300 V und 16 000 A bei 4500 V. Bei der Unterbrechung kleiner Ströme steigen Dauer und Länge des Lichtbogens stark an. Beim Abschalten seines Nennstromes von 600 A bei 2300 V wurden sieben und bei 330 A elf Halbperioden Lichtbogendauer gemessen. Über das Verhalten bei noch kleineren Strömen, deren magnetische Blaswirkung noch geringer ist, die aber andererseits schon zu groß sind, um selbst zu erlöschen, liegen keine Angaben vor. Die Versuchsergebnisse im gesamten Strombereich von 0,2 A an aufwärts sollen jedoch zufriedenstellend gewesen sein. *F. Pe.*

DK 621.316.933.3

Billige vogelsichere Schutzfunkenstrecken für Landnetz-Umspanner. [Nach C. E. Bathe, Electr. Wld., N. Y. 114 (1940) S. 1002; 2 S., 3 B.]

Die Oklahoma Gas & Electric Co. hat mit offenen Schutzfunkenstrecken an Umspannern für 7200/120 bzw. 240 V so schlechte Erfahrungen mit Auslösen durch Vogelflug gemacht, daß alle Funkenstrecken ausgebaut und durch Röhrenfunkenstrecken ersetzt werden mußten. Diese Röhren aus Fiber zeigten jedoch starken Abbrand bis zu 12 mm an den Kupferelektroden von 4,7 mm Dmr. Sie wurden daher ersetzt durch solche mit Messingelektroden von 6 mm Dmr. bei einer inneren Schlagweite von 25,4 mm und einer äußeren von gleicher Länge. Die Ansprechstoßspannung der Anordnung betrug + 65 kV_{max} bei 1 μs bzw. + 56 kV_{max} bei 7 μs Ansprechverzug. Eine Skizze läßt erkennen, daß der Innenraum des Rohres nur 1 mm Dmr. hat und von den beiden stabförmigen Elektroden oben und unten abgeschlossen wird; ein Auspuff ist also nicht vorhanden. Dementsprechend ist die vom Hersteller versprochene Löschleistung nur 600 A bei 7200 V; sie steht also weit zurück hinter bekannten deutschen oder amerikanischen Geräten. Anscheinend soll deshalb die eigentliche Löschung den Schmelzsicherungen vorbehalten bleiben, was bei dem heute erreichten Entwicklungsstand nicht als Fortschritt bezeichnet werden kann. *Ff.*

Geräte und Stromrichter

DK 621.318.2.013.5

Die Berücksichtigung der Streuung bei der Bemessung neuzeitlicher Dauermagnete. [Nach A. Th. van Urk, Philips techn. Rdsch. 5 (1940) S. 29; 7 S., 8 B.]

Bei der technischen Anwendung von Dauermagneten besteht der magnetische Pfad im allgemeinen aus der geschlossenen magnetischen Reihenschaltung von Dauermagnet-Werkstoff, Luftspalt und magnetisch weichen Polstücken. Bei günstigster

Bemessung dieser Teile beträgt die im Luftspalt nutzbare Feldenergie angenähert $H^2 l q = (B H_i)_{max} l_m q_m$; l, q, l_m, q_m bedeuten Länge und Querschnitt des Luftspaltes bzw. der Dauermagnetstücke. Der maximale Energieinhalt $(B H_i)_{max}$ des Magnetstahles läßt sich in bekannter Weise aus dessen Magnetisierungskurve $B = f(H_i)$ (im „zweiten Quadranten") ermitteln. — Es wird nun oft nicht genügend beachtet, daß die genannte Beziehung eine sehr rohe Abschätzung darstellt, weil für ihre Ableitung der Streufluß unberücksichtigt bleibt, der den Luftspalt außerhalb seines Nutzquerschnittes q überbrückt. Dieser Streufluß wird durch die genauere Beziehung $H^2 l q = 1/\sigma \cdot (B H_i)_{max} l_m q_m$ erfaßt, worin der Streubeiwert σ das Verhältnis des magnetischen Gesamtflusses Φ zu dessen nutzbarem Anteil Φ_n im Luftspalt darstellt. Bei den neuzeitlichen Magnetanordnungen für Lautsprecher und ähnliche Zwecke können Streubeiwerte vom Betrage 2 bis 5 nicht vermieden werden, so daß selbst für einen verhältnismäßig ungenauen Entwurf einer solchen Anordnung außer der Größe $(B H_i)_{max}$ auch der Streubeiwert σ berücksichtigt werden muß. Dies gilt insbesondere auch dann, wenn verschiedene Magnetstähle bei ungefähr gleichem Energieinhalt $(B H_i)_{max}$ starke Unterschiede ihrer Koerzitivkräfte und Remanenzwerte aufweisen. Bei vorgegebenem Luftspalt und günstigster Bemessung erhält man in diesem Falle wegen der notwendig verschiedenen Abmessungen der Magnetstücke entsprechend verschiedene Streubeiwerte σ, deren strenge Vorausberechnung praktisch nicht möglich ist. Man kann den Streufluß und damit auch den zu erwartenden Streubeiwert σ jedoch hinreichend genau abschätzen auf Grund einfacher Annahmen über die Form der Streulinien, für die man beispielsweise Halbkreise ansetzt, die den Luftspalt überbrücken. Man berechnet dann den gesamten Streufluß als Summe mehrerer Teilflüsse, die einzelnen Streulinienbündeln entsprechen und auf der Oberfläche der Magnetstücke und Polschuhe beginnen und enden. Diese Teilflüsse werden aus den Durchschnittswerten ihrer Länge, ihres Querschnittes und des von ihnen überbrückten magnetischen Potentials abgeschätzt. Da diese Art der Rechnung noch einen merklichen Fehler ergibt, wird ein Korrekturfaktor eingeführt, den man durch einen Modellversuch ermittelt. Es hat sich gezeigt, daß selbst beträchtlich voneinander abweichende Größenverhältnisse in dieser Weise mit einem einzigen Modellversuch überraschend genau erfaßt werden können. *Ktn.*

Physik

DK 537.543.2

Oxydkathoden. [Nach J. P. Blewett, J. appl. Phys. 10 (1939) S. 668; 30 S., 13 B.]

Vor mehr als einem Dritteljahrhundert berichtete Wehnelt, daß es ihm gelungen sei, durch Aufbringen von Erdalkalioxyden auf Wolframdrähte schon bei niederer Temperatur ergiebige Kathoden herzustellen. Die technische Bedeutung dieser Mitteilung löste einen gewaltigen Strom von Arbeiten und Veröffentlichungen aus; trotzdem ist das Wissen um den Emissionsmechanismus auch heute noch recht unvollständig. Immerhin führten diese Arbeiten dazu, heute fabrikationsmäßig Kathoden für die verschiedenen Anwendungsgebiete mit großer Gleichmäßigkeit und Güte herzustellen. Der Vorteil derartiger Oxydkathoden gegenüber anderen bekanntgewordenen Elektronenquellen besteht vor allem in deren wesentlich höherem Wirkungsgrad. Wenn man beispielsweise einer auf 1000° abs. erhitzten Oxydkathode 100 mA/cm² entnimmt, dann entspricht das bei üblicher Kathodenform einem Wirkungsgrad von 20 mA/W. Um einem Wolframdraht die gleichen Ströme entnehmen zu können, muß dieser auf etwa 2300° erwärmt werden. Der sich dabei einstellende Wirkungsgrad beträgt dann nur noch etwa 1 mA/W.

Die genauen Herstellungsverfahren der verschiedenen zur Oxydkathodenherstellung benutzten Kathodenpasten werden von deren Erzeugern geheimgehalten. Der grundsätzliche Aufbau der Pasten ist jedoch bei allen gleich. Da die Oxyde der Erdalkalien gegenüber den Gasen der Atmosphäre nicht stabil sind, muß man bei der Pastenbereitung von geeigneten Verbindungen ausgehen. Als besonders brauchbar erwiesen sich die Karbonate, Hydroxyde und Nitrate. Die Emissionsfähigkeit der drei Erdalkalioxyde steigt von Ca zu Ba an. Besonders günstig ist ein Gemisch von BaO und SrO im Verhältnis von 1 : 1; damit aufgebaute Pasten ergeben nicht nur hohe Emission, sondern zeigen auch hervorragende mechanische Eigenschaften. Zum Aufbringen der Karbonatüberzüge wird eine Aufschlämmung der gepulverten Substanz in einem organischen Löser und Binder hergestellt. Hierfür geeignet ist beispielsweise eine Lösung von Zaponlack in Amylazetat (1 : 20). Das Aufbringen der Paste auf die Kathodenträger geschieht zumeist durch Tauchen oder Besprühen. Hydroxyd-Überzüge werden zweckmäßig durch Tauchen der Träger in die geschmolzene Substanz hergestellt. Dieses Verfahren ist insbesondere zum Überziehen von Wolframdrähten für direkt geheizte Kathoden üblich. Als Träger für die Emissionssubstanz dienen bei indirekt geheizten Kathoden zumeist Formkörper aus Nickel. Auch zahlreiche Sonderlegierungen wurden entwickelt, doch werden diese bisher nur wenig verwendet. Der Grundgedanke beim Aufbau dieser Legierungen ist, daß man durch reduzierend wirkende Zusätze zum Kernmetall den Aktivierungsprozeß beschleunigen und erleichtern kann. Hierfür können Aluminium, Magnesium, Titan, Tantal, Molybdän, Nickel und Kohlenstoff verwendet werden. Bei den üblichen Nickelträgern wird der Reduktionsvorgang zumeist durch geringe Spuren in der Legierung vorhandenen Magnesiums wesentlich beschleunigt. Eine Legierung, deren wirksamer Bestandteil Ti ist, wurde unter dem Namen Konel bekannt; in den sogenannten Batalum-Drähten ist Tantal als Reduktionsmittel enthalten.

Die pastierten Kathodenträger können entweder ohne weiteres in die Entladungsgefäße eingebaut oder aber zuvor an der Luft eingebrannt werden. Die fertig eingebauten Kathoden werden im Vakuum bis rd. 1400° abs. erhitzt, um so die aufgebrachten Verbindungen in die entsprechenden Oxyde überzuführen. Die dabei frei werdenden Gase werden abgepumpt. Dieser Vorgang wird als Formierung bezeichnet. Wenn keine reduzierenden Bestandteile vorhanden sind und auch das Trägermaterial keine derartigen Zusätze enthält, führt dieser Vorgang noch nicht zur eigentlichen Kathodenbildung, der sogenannten Aktivierung. In der Praxis wird die Aktivierung zumeist schon durch den Trägerstoff eingeleitet und schließlich durch den Stromdurchgang beim Anlegen einer Anodenspannung beendet.

Eine andere bekanntgewordene Herstellungsart geht vom Bariumazid aus. Diese Substanz zerfällt bei 430° mit großer Heftigkeit und liefert hierbei metallisches Barium. Bei diesem Verfahren muß das verwendete Trägermaterial oxydiert werden. Das entstehende metallische Barium bildet dann mit dem Sauerstoff dieser Oxydschicht BaO. Eine Abart des Verfahrens besteht darin, daß die Oxydation durch eingeleiteten Sauerstoff vorgenommen wird. Nach Benjamin und Jenkins besteht auch die Möglichkeit, von Bariumoxyd, das durch Zusätze von BeO oder Al_2O_3 gegen die Einflüsse der Luft stabilisiert ist, auszugehen (1 Teil BaO zu 4 Teilen BeO). Ein weiterer praktisch verwendeter Ausgangsstoff ist Bariumoxalat. Diese Substanz besitzt den Vorteil, daß beim Formieren und Aktivieren kein Sauerstoff frei wird. Die schließlich auf eine der angegebenen Arten erhaltenen Kathoden besitzen bei einer Betriebstemperatur von etwa 1000° abs. eine Lebensdauer von einigen hundert bis einigen tausend Stunden.

Da der Aktivierungsvorgang ganz allgemein im Befreien von Erdalkalimetall und dessen Einbau in die Oxydschicht besteht, kann jede Oxydkathode durch Vernichten dieses freien, eingelagerten Metalles wieder entaktiviert werden. So geht das Emissionsvermögen verloren, wenn man Kathoden längere Zeit auf etwa 1600° erhitzt, da dann die Bariumatome bereits abdampfen. Ebenso können derartige Vergiftungen durch Einbringen von Gasen, die sich mit den freien Erdalkalien verbinden, hervorgerufen werden. Hierfür genügt beispielsweise die Anwesenheit von 10^{-4} Torr Sauerstoff. Ähnlich schädlich ist Wasserdampf. Hingegen wirken reduzierende Gase zumeist günstig. Unter Umständen können durch Einbringen derartiger Gase vergiftete Kathoden sogar wieder aktiviert werden. Stickstoff und Kohlendioxyd bleiben praktisch ohne jede Wirkung auf den Emissionsmechanismus. Anwesende organische Dämpfe wirken zumeist derart stark reduzierend, daß dann andere Reduktionsmittel überflüssig sind und die Aktivierung der Kathoden durch Erwärmen allein erreicht werden kann. Der Einfluß eines Ionenbombardements kann dahin zusammengefaßt werden, daß es vorerst günstig, über längere Zeiträume aber die Kathode zerstörend wirkt.

Die Arbeit enthält außer diesen Angaben über die Herstellung von Oxydkathoden theoretische Hinweise auf den Vorgang beim Formieren und Aktivieren sowie Angaben über zweckmäßige Temperaturbestimmungsverfahren. Hierbei kommt der Verfasser zu dem Ergebnis, daß das brauchbarste Verfahren die pyrometrische Messung darstellt. Den Schluß bildet ein ausführliches und handlich geordnetes Schrifttumsverzeichnis älterer und neuerer Arbeiten bis 1939. *Egr.*

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker (Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Einführung zu VDE 0360/XII.40 „Leitsätze für die Prüfung von Isolierlacken"

Der Einführungsaufsatz von W. Husse und G. Pfestorf VDE zu VDE 0360, der in ETZ 62 (1941) H. 18, S. 423 veröffentlicht war und auf den in einer Bekanntmachung im gleichen Heft der ETZ, S. 435, bereits hingewiesen wurde, ist nunmehr als Sonderdruck im Format DIN A 5 unter der Bezeichnung

VDE 0380/IV. 41 — Einführung zu VDE 0360/XII. 40 „Leitsätze für die Prüfung von Isolierlacken"

zum Preise von RM 0,30, zuzüglich Versandkosten bei der ETZ-Verlag GmbH, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, erhältlich.

Ortsnetze

Der Ausschuß für Ortsnetze hat die Anregungen, die auf Grund der Veröffentlichung von Normblatt-Entwürfen über Einzelteile bei Niederspannungs-Freileitungen in der ETZ 62 (1941) Heft 6 eingegangen sind, ordnungsgemäß behandelt.

Im folgenden werden die sachlichen Änderungen, die auf Grund der eingegangenen Anregungen an den Entwürfen vorgenommen sind, bekanntgegeben. Auf eine Veröffentlichung von Änderungen, die vorwiegend redaktioneller Art sind, wird hierbei verzichtet. Die Normblätter gelangen nunmehr zum Druck.

DIN 48150 Stützenisolatoren
Keine Änderung der Isolator-Formen.

DIN 48050 Isolatorstützen
Stütze NS 80 A: Statt des Bolzens mit Gewinde M 12 ein stärkerer Bolzen mit Gewinde M 16. Statt der Stützen NS 95 A und NS 95 B nur eine Stütze NS 95 mit dem Bolzengewinde M 20 und einem zulässigen Zug P = 450 kg.
Begründung: Die Möglichkeit soll geschaffen werden, mit einem einheitlichen Bolzen M 20 und mit nur einer Querträgerbohrung arbeiten zu können. Die Stütze NS 80 A ist nur zur ausnahmsweisen Verwendung für Leitungen mit geringer mechanischer Belastung gedacht.

DIN 48152 Zugisolatoren
Die Überschrift erhält den Zusatz „Ein-Kappen-Form".
Druckfehlerberichtigung: Die obere Abbildungsreihe stellt die Isolatoren Z 95 und ZO 95, die untere Reihe die Isolatoren Z 80 und ZO 80 dar. Die Kappenlasche der Größe 95 erhält seitlich Aussparungen. Der Radius der Nulleiterrille wird von 3 auf 2,5 mm vermindert, um Einheitlichkeit mit den N- und S-Isolatoren (DIN 48150 und DIN 48154 Bl. 1) zu erzielen.

DIN 48154 Blatt 1 Schäkelisolatoren
Das Maß c wird für S 115 und SO 115 von 40 in 39 mm geändert.

DIN 48154 Blatt 2 Schäkelbügel
Die Bügelformen B 80 g A und B 80 g B sowie B 80 s A und B 80 s B werden zu je einer Form B 80 g und B 80 s mit einer Bügeldicke von 6,5 mm zusammengezogen. Die Bügelformen B 115 g B und B 115 s B werden gestrichen. In der Tabelle werden für Spalte 18 auf Seite 1 bzw. 19 auf Seite 2 statt der Hinweise auf DIN 124 besondere Maße für die Bolzen angegeben.

DIN 48156 Isolier-Eier
Das Isolier-Ei mit der Länge L = 75 mm wird gestrichen.

DIN 48160 Hauseinführung
Die Normung von Hauseinführungen wird zunächst zurückgestellt.

DIN 48170 Dachständer
Rohr: Das Dachständerrohr mit Außendurchmesser D = 57 mm wird nur in Kleindruck aufgeführt, da vorwiegend die Rohre mit D = 76 mm und D = 89 mm benutzt werden.
Haube: Unter Beibehaltung der übrigen Maße wird das Maß H vermindert, und zwar bei der Größe H 57 auf 75 mm, bei H 76 auf 95 mm und bei H 89 auf 110 mm.
Schelle: unverändert.
Anker:
a) Ankerkopflasche: Langlochmaß 18 geändert in 20 mm.
b) Ankerfußlasche erhält den Zusatz: für Befestigung auf Gebälk.
c) Kausche: Statt der bisherigen geschlossenen Kausche wird eine offene Kausche etwa gleicher Größe genormt.
d) Ankerseil: Statt auf das Normblatt DIN BERG 1253 wird auf das Normblatt DIN 48 201 (DIN VDE 8201) Bezug genommen, das textlich entsprechend geändert wird.
Die beiden Querschnittsnennwerte 50 und 70 mm² werden auße mit 40 kg/mm² auch mit 70 kg/mm² Zugfestigkeit genormt.
Abdichtung: Die Blechdicke des Schutztrichters wird auf 0,65 mm geändert und somit in Übereinstimmung mit der Blechdicke des Dachschutzes gebracht.
Das Normblatt DIN 48 170 wird ergänzt durch folgende Teile:
1. durch ein Übersichtsbild eines Dachständers entsprechend dem Einführungsaufsatz in ETZ 62 (1941) Heft 6, S. 113, Abb. 4.
2. durch einseitige und beidseitige Querträger aus genormtem U-Profil ⊏ 6½ DIN 1026. Mittenabstand der Bohrungen beim beidseitigen Querträger 500 mm. Bohrungsmasse für Schellenbefestigung entsprechend DIN 48 170, Schellen.

DIN 48180 Leitungsseile
Der Querschnitt 16 mm² wird zusätzlich aufgenommen, und zwar in der gleichen Art wie die Querschnitte 25 und 35 mm. In der Überschrift wird berücksichtigt, daß diese Werte nur für Aluminium-Leitungsseile gelten.
Dieses Normblatt wird nicht unter der Nummer DIN 48 180 herausgebracht, sondern sein Inhalt wird eingearbeitet in das Normalblatt DIN 48 201, welches sich in Neubearbeitung befindet.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

AEF

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen

Berlin-Charlottenburg 9, Akazienstraße 32

Fortsetzung von S. 720

Noch nicht endgültig

Aufg. 30. Induzierte elektromotorische Kräfte und elektrische Spannungen in Transformatoren und Wechselstrommaschinen

1. Allgemeines

11. Das Induktionsgesetz lautet allgemein: Für jede beliebige Fläche F ist die elektrische Randspannung U_0 gleich der induzierten elektromotorischen Kraft, kurz EMK, E; also:

$$U_0 = E. \tag{1}$$

Diese Gleichung gilt für eine beliebige in der Materie festliegende Fläche. In Transformatoren und in elektrischen Maschinen wird sie auf solche Flächen angewendet, deren Rand von dem Wicklungsdraht und einer Verbindungslinie der „Wicklungsklemmen" gebildet wird (Bild 1). Fließt in einer Wicklung mit dem Wirkwiderstand R ein Strom I und liegt zwischen ihren Klemmen die Spannung U, so besteht die Randspannung U_0, wenn I und U positiv gemäß den „Zählpfeilen" von Bild 1 gerechnet werden, aus den beiden Teilspannungen RI und U:

$$U_0 = RI + U. \tag{2}$$

Der Spulenfluß Ψ der Wicklung (vgl. DIN 1321) ist das Flächenintegral der magnetischen Induktion über eine Fläche F, die den Wicklungsdraht zum Rande hat; und die induzierte elektromotorische Kraft (EMK) ist die negativ genommene Änderungsgeschwindigkeit dieses Spulenflusses:

$$E = -\frac{\mathrm{d}\Psi}{\mathrm{d}t}; \quad \Psi = \int_F \mathfrak{B}\,\mathrm{d}\mathfrak{f}. \tag{3}$$

Daher lautet das Induktionsgesetz nach (1), (2) und (3)

$$RI + U = -\frac{\mathrm{d}\Psi}{\mathrm{d}t}, \tag{4}$$

wobei die positiven Richtungen der Randspannung und des Flusses einander nach einer Rechtsschraube zugeordnet sind (Bild 2).

Bild 1. Bild 2.

12. Für die tatsächliche Berechnung der induzierten elektromotorischen Kraft ist es oft vorteilhaft, sie in Teile zu zerlegen. Das kann in dreierlei Weise geschehen:

121. Man kann die Integrationsfläche F in zwei oder mehr Teile $F_1, F_2 \dots$ zerlegen, so daß

$$\Psi = \int_{F_1} \mathfrak{B}\, d\mathfrak{f} + \int_{F_2} \mathfrak{B}\, d\mathfrak{f} + \cdots \qquad (5)$$

Als Beispiel hierfür sei eine Kraftübertragung zwischen einem Generator und einem Motor angeführt (Bild 3). Generator-

Bild 3.

wicklung, Leitung und Motorwicklung bilden den Rand einer Fläche. Durch eine Linie, die die Klemmen des Generators miteinander verbindet, und durch eine zweite Linie, die die Klemmen des Motors miteinander verbindet, wird die Fläche in drei Teile zerschnitten. Entsprechend setzt sich die gesamte elektromotorische Kraft der Kraftübertragung aus den elektromotorischen Kräften des Generators, der Leitung und des Motors zusammen (Generator-, Leitungs-, Motor-EMK).

122. Man kann ferner den Integranden $\mathfrak{B}$ in mehrere Teile zerlegen,

$$\mathfrak{B} = \mathfrak{B}_1 + \mathfrak{B}_2 + \cdots \text{ (Vektorsumme)}, \qquad (6)$$

so daß der Spulenfluß wird:

$$\Psi = \int_F \mathfrak{B}_1\, d\mathfrak{f} + \int_F \mathfrak{B}_2\, d\mathfrak{f} + \cdots \qquad (7)$$

Eine solche Zerlegung wendet man an, um ein vorgelegtes Feld durch Überlagerung von mehreren Einzelfeldern darzustellen. Ein derartiger Fall liegt beispielsweise vor, wenn ein magnetisches Feld von zwei oder mehr Strömen $I_1, I_2, \dots$ erregt wird und sich im Feld kein Eisen befindet. Der Spulenfluß durch die k-te Wicklung ist dann

$$\Psi_k = L_{k1} I_1 + L_{k2} I_2 + \cdots = \sum_m L_{km} I_m. \qquad (8)$$

Oft kann man auch dann, wenn Eisen im Felde anwesend ist, nach der Überlagerungsgleichung (8) rechnen; dann muß aber für die Permeabilität das resultierende Feld zugrunde gelegt werden (nicht die Einzelfelder). In diesem Falle pflegt man die einzelnen Summanden in (8) als „fiktive" Komponenten zu bezeichnen.

Bei der Zerlegung nach (8) kann man etwa zwischen der elektromotorischen Eigenkraft oder Selbstkraft (Eigen-EMK oder Selbst-EMK) und der elektromotorischen Fremdkraft (Fremd-EMK) unterscheiden entsprechend der Selbstinduktivität und der Gegeninduktivität des betrachteten Stromkreises.

123. Die Änderung $d\Psi$ des Spulenflusses kann auf zwei verschiedene Weisen zustandekommen, nämlich dadurch, daß sich der Integrand $\mathfrak{B}$ mit der Zeit ändert, und dadurch, daß sich die Integrationsfläche F in ihrer Lage ändert. Mit andern Worten:

1231. bei ruhenden Körpern durch Änderung des Feldes.

1232. bei stationärem Feld durch Bewegung der Körper. Entsprechend kann man unterscheiden zwischen den elektromotorischen Kräften der Ruhe und der Bewegung (der Ruhe-EMK und der Bewegungs-EMK). Besteht die Bewegung (wie bei Maschinen) aus einer Drehung, so kann man statt „elektromotorische Kraft der Bewegung" auch spezieller „elektromotorische Kraft der Drehung" sagen (Dreh-EMK).

Ein besonders einfacher Fall liegt dann vor, wenn die Bewegung zwangsläufig ist, d. h. durch Änderung einer einzigen Koordinate x (einer Strecke oder eines Winkels) dargestellt werden kann. Dann ist der Spulenfluß Ψ auf doppelte Weise von der Zeit abhängig: erstens unmittelbar, zweitens mittelbar als Funktion der Koordinate x, die wiederum von der Zeit abhängt. Daher ist

$$d\Psi = d_t\Psi + d_x\Psi = \left(\frac{d_t\Psi}{dt}\right)_{x=\text{const}} dt + \left(\frac{d_x\Psi}{dx}\right)_{t=\text{const}} dx.$$

Die elektromotorische Gesamtkraft (Gesamt-EMK) zerlegt sich also in die der Ruhe und die der Bewegung gemäß

$$-\frac{d\Psi}{dt} = -\left(\frac{d_t\Psi}{dt}\right)_{x=\text{const}} - \left(\frac{d_x\Psi}{dx}\right)_{t=\text{const}} \frac{dx}{dt}$$

oder in der meist benutzten, aber weniger deutlichen Jacobischen Schreibweise

$$-\frac{d\Psi}{dt} = -\frac{\partial\Psi}{\partial t} - \frac{\partial\Psi}{\partial x}\frac{dx}{dt}.$$

13. Im folgenden sind diese allgemeinen Begriffe durchgeführt an Transformatoren und Drehstrommaschinen zu dem Zweck, für oft vorkommende Größen Namen festzulegen.

2. Transformator

21. In jedem Strang (jeder Phasenwicklung) ist die resultierende elektromotorische Kraft oder elektromotorische Hauptkraft (Haupt-EMK), wenn die Zählpfeile von Bild 1 gelten, gleich der vektorischen Summe aus der Strangspannung, dem Wirkspannungsverlust (dem „Wirkfall" nach DIN VDE 115) und dem Streuspannungsverlust (dem „Streufall"). Für Streuspannungsverlust kann auch kurz „Streuspannung" gesagt werden.

22. Es sind, bezogen auf einen Strang,

R_1 und R_2 der primäre und der sekundäre (Verlust-) Wirkwiderstand,

$X_{1\sigma}$ und $X_{2\sigma}$ der primäre und der sekundäre Streu(blind)widerstand (Streureaktanz),

X_{1h} und X_{2h} der primäre und der sekundäre Hauptblindwiderstand (Hauptreaktanz),

X_1 und X_2 der gesamte primäre und der gesamte sekundäre Blindwiderstand (Reaktanz) oder der primäre und der sekundäre Eigenblindwiderstand (Eigenreaktanz):

$$X_1 = X_{1h} + X_{1\sigma}, \quad X_2 = X_{2h} + X_{2\sigma},$$

Z_1 und Z_2 der primäre und der sekundäre (innere) Scheinwiderstand

$$Z_1 = R_1 + j X_1, \quad Z_2 = R_2 + j X_2.$$

Die komplexen Summen

$$Z_{1\sigma} = R_1 + j X_{1\sigma} \text{ und } Z_{2\sigma} = R_2 + j X_{2\sigma}$$

heißen auch primärer und sekundärer Verlustscheinwiderstand (primäre und sekundäre Verlustimpedanz).

23. Es heißen die gerichteten (komplexen) Größen:

$R_1 I_1$ und $R_2 I_2$	der primäre und der sekundäre Wirkspannungsverlust (die Wirkfälle);
$j X_{1\sigma} I_1$ und $j X_{2\sigma} I_2$	der primäre und der sekundäre Streuspannungsverlust oder auch kurz die primäre und die sekundäre Streuspannung (die Streufälle); die Streuspannung ist der Streu-EMK entgegen gerichtet;
$-j X_{1h} I_1$ und $-j X_{2h} I_2$	die primäre und die sekundäre fiktive elektromotorische Hauptkraft (Haupt-EMK);
$-j X_1 I_1$ und $-j X_2 I_2$	die primäre und die sekundäre (fiktive) elektromotorische Eigenkraft (Eigen-EMK);
$E_1 = -j\left(X_{1h} I_1 + X_{2h}\frac{w_1}{w_2} I_2\right)$	die resultierende primäre elektromotorische Hauptkraft (Haupt-EMK);
$E_2 = -j\left(X_{1h}\frac{w_2}{w_1} I_1 + X_{2h} I_2\right)$	die resultierende sekundäre elektromotorische Hauptkraft (Haupt-EMK).

w_1 bedeutet dabei die Windungszahl der primären, w_2 die der sekundären Wicklung.

24. Die bei unbelastetem Transformator auftretende Sekundärspannung heißt Nennsekundärspannung.

Die primäre Spannung bei sekundärem Kurzschluß und primärem Nennstrom heißt Kurzschlußspannung.

Unter dem Kurzschlußscheinwiderstand (der Kurzschlußimpedanz) versteht man den Quotienten von Kurzschlußspannung und primärem Nennstrom. Seinen Wirkanteil nennt man den auf die primäre Seite bezogenen gesamten (Verlust-) Wirkwiderstand, seinen Blindanteil den auf die primäre Seite bezogenen gesamten Streublindwiderstand.

Über die Nenngrößen siehe die Regeln des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE) für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren (RET).

3. Drehstrom-Induktionsmaschine

31. Das resultierende Hauptfeld (Luftspaltfeld) ist ein Drehfeld. In jedem Strang der Primär- und der Sekundärwicklung ist die resultierende elektromotorische Hauptkraft (Haupt-EMK) gleich der vektorischen Summe der Strang-

spannung, des Wirkspannungsverlustes und des Streuspannungsverlustes (oder kurz: der Streuspannung). Es gelten die Bezeichnungen und Benennungen unter 2, wenn unter w_1 und w_2 die Produkte aus Windungszahl und Wicklungsfaktor verstanden werden.

32. Gewöhnlich ist die Ständerwicklung die primäre. Dann heißt die (äußere) Spannung der Läuferwicklung zwischen zwei Schleifringen **Läuferspannung**, die bei Stillstand der Maschine an den offenen Schleifringen auftretende Spannung **Läuferstillstandsspannung**.

4. Drehstrom-Synchronmaschine

41. Bild 4 zeigt das Spannungsdiagramm eines pollückenlosen Drehstromgenerators mit geradliniger Leerlaufkennlinie. Der Drehsinn der Zeitvektoren ist positiv (Zeitlinie im Uhrzeigersinn); die Vorzeichen seien durch die Zählpfeile von Bild 1 festgelegt.

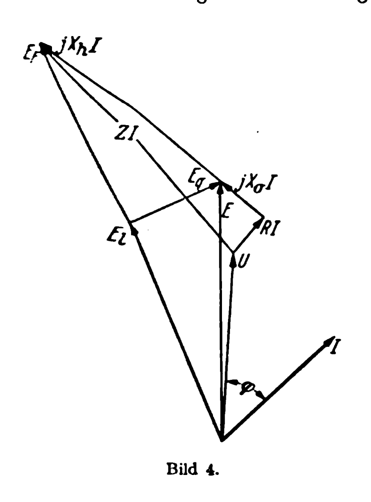


Bild 4.

42. Es ist, bezogen auf einen Strang,

E_F die elektromotorische Kraft des Feldmagneten (Feldmagnet-EMK), d. h. die Leerlaufspannung bei der gegebenen Erregung;

U die Strangspannung;

R der (Verlust-) Wirkwiderstand des Ankers;

X_σ der Streublindwiderstand des Ankers;

RI der Wirkspannungsverlust im Anker;

$\mathrm{j}\,X_\sigma\,I$ der Streuspannungsverlust oder kurz die Streuspannung im Anker; sie ist der Streu-EMK entgegen gerichtet;

$\mathrm{j}X_h\,I$ der Spannungsverlust durch Ankerrückwirkung; er ist der Haupt-EMK des Ankers entgegen gerichtet;

$\mathrm{j}\,X\,I = \mathrm{j}\,(X_h + X_\sigma)\,I$ der Blindspannungsverlust des Ankers (der Blindfall); er ist der Eigen-EMK im Anker entgegen gerichtet.

Ferner ist in Bild 4 $E = E_F - \mathrm{j}\,X_h\,I$ die resultierende elektromotorische Hauptkraft (resultierende Haupt-EMK) im Anker.

43. Für die Maschine mit geradliniger Leerlaufkennlinie ist die Spannungsänderung [vgl. die Regeln des VDE für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen (REM)] gleich dem Unterschied von $|E_F|$ und $|U|$.

44. Das Diagramm Bild 4 gilt auch bei gekrümmter Leerlaufkennlinie. E_F und $\mathrm{j}\,X_h\,I$ sind dann fiktive Größen, die dem Sättigungsgrad des resultierenden Flusses (proportional E) entsprechen. Für die Berechnung der Vollasterregung bildet man jedoch besser erst die resultierende Durchflutung, mit der sich nach der Leerlaufkennlinie die resultierende elektromotorische Kraft E ergibt.

Die Spannungsänderung bei gekrümmter Leerlaufkennlinie ist gleich dem Unterschied der Effektivwerte der wirklichen Feldmagnet-EMK bei der dem Belastungszustand entsprechenden Erregung und der Klemmenspannung U.

45. Bei Schenkelpolmaschinen zerlegt man die resultierende Haupt-EMK E in eine Längs-EMK E_l in Richtung E_F und eine Quer-EMK E_q senkrecht zu E_F.

Erläuterungen

Bei der Neufassung des Entwurfs sind die Äußerungen berücksichtigt worden, die zu der in der Elektrotechnischen Zeitschrift 53 (1932) S. 114 veröffentlichten ersten Fassung eingegangen sind.

Der neue Entwurf beschränkt sich im Gegensatz zu dem früheren auf Transformatoren und Drehstrommaschinen.

Der Ausdruck „magnetischer Schwund", der wenig Anklang gefunden hat, ist überall durch „induzierte elektromotorische Kraft (EMK)" ersetzt worden.

Im einzelnen ist zu dem Entwurf noch folgendes zu bemerken:

Zu 11. Man vergleiche hierzu das Normblatt DIN 1323.

Zu 122. Es läge nahe, zwischen elektromotorischer Selbst- und Gegenkraft zu unterscheiden. Der Ausdruck „elektromotorische Gegenkraft" hat aber bereits eine abweichende Bedeutung.

Zu 2. und 4. Die Formelzeichen E, U, I und Z (mit oder ohne Indizes) bedeuten gerichtete (komplexe) Größen.

Zu 22. Die Silbe „blind" in „Streublindwiderstand" darf weggelassen werden wenn eine Verwechslung mit dem magnetischen Widerstand des Streupfads nicht zu befürchten ist.

Für die komplexen Summen $Z_{1\sigma} = R_1 + \mathrm{j}\,X_{1\sigma}$ und $Z_{2\sigma} = R_2 + \mathrm{j}\,X_{2\sigma}$ waren in dem früheren Entwurf die Benennungen „primärer und sekundärer Streuscheinwiderstand (Streuimpedanz)" vorgeschlagen worden. Dagegen ist mit Recht eingewendet worden, daß der darin enthaltene Wirkwiderstand mit der Streuung nichts zu tun habe. Die dafür vorgeschlagene Ersatzbenennung „äußerer Scheinwiderstand (Außenimpedanz)" jedoch ist ebenfalls mißverständlich. In der neuen Fassung ist deshalb „Verlustscheinwiderstand (Verlustimpedanz)" gesetzt worden. Der Vorsatz „Verlust" darf nicht unterdrückt werden, weil noch andere Scheinwiderstände vorkommen.

Zu 23. Die **resultierenden** elektromotorischen Hauptkräfte sind neu eingeführt.

Zu 32. In den REM (vgl. 43) heißt die „Läuferstillstandsspannung" kurz „Läuferspannung". Der AEF hat diese Benennung nicht übernommen, weil man die Spannung bei Lauf nicht gut „Läuferlaufspannung" nennen kann und sowohl bei Stillstand als auch bei Lauf die Schleifringspannung gleich der Läuferspannung ist. *(Fortsetzung folgt)*

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

F. Brock †. — Am 22. Juni 1941 starb in Wien Herr Dr. techn. Dipl.-Ing. Friedrich Brock VDE, Generaldirektor d. R. der Newag Niederösterreichische Elektrizitätswirtschafts-A.G., im 72. Lebensjahr.

Am 29. Januar 1870 in Wien geboren, führte er seine Mittel- und Hochschulstudien in seiner Heimatstadt durch. Vorerst eine selbständige Tätigkeit ausübend, kam Brock im Alter von 27 Jahren zum Siemenskonzern, welchem er 28 Jahre angehörte. Nach längerem Aufenthalt in Paris und in dem damals zu Rußland gehörigen Warschau, woselbst er als Direktor den Aufbau des dortigen Städt. Elektrizitätswerkes durchführte, übernahm er bei den Österreichischen Siemens-Schuckert-Werken in Wien das Studienbüro. Als besondere Marksteine dieser Tätigkeit sind die Gründung und der Bau der großen elektrischen Anlagen in Reichenberg und Monfalcone zu nennen. Später wurde er Direktor der Abteilung für Zentralen. Unter seiner Leitung kam damals das 100 kV-Umspannwerk Wegscheid der Österreichischen Wasserkraftwerke A. G. Linz und das Dampfkraftwerk Timelkam der Stern & Hafferl A. G. Gmunden sowie zahlreiche andere bedeutende Anlagen in dem damaligen Österreich und in den von den Österr. Siemens-Schuckert-Werken im Ausland bearbeiteten Gebieten zur Ausführung. Im Jahre 1925 leistete er dem Rufe der Niederösterreichischen Landesregierung Folge und übernahm als Generaldirektor die Leitung der Newag Niederösterreichische Elektrizitätswirtschafts-A. G. mit dem Sitze in Wien.

Nach Überschreitung des 68. Lebensjahres trat Brock im Jahre 1938 in den Ruhestand. Im nächsten Jahre brachte er in unermüdlicher Arbeit seinen seit langen Jahren angestrebten Wunsch, dessen Durchführung er wegen seiner dienstlichen Beanspruchung ständig verschieben mußte, nämlich die Erlangung der Doktorwürde, zur Verwirklichung. 1939 promovierte Brock an der T. H. Wien zum Doktor der technischen Wissenschaften.

Er führte damit den Beweis seiner ungebrochenen geistigen Kraft trotz sehr vorgerückten Alters. Später auftretende Krankheitserscheinungen trachtete er mit weiteren Arbeiten zu überwinden, bis ihm ein schweres Leiden zur Ruhe zwang.

In Anerkennung seiner besonderen Fähigkeiten und seiner Verdienste wurde Brock im Jahre 1923 zum Präsidenten des Österr. Ingenieur- und Architektenvereins in Wien, welcher in diesem Jahre das 75. Bestandsjubiläum feierte, gewählt.

Er wirkte ferner als Präsident des damaligen Elektrotechnischen Vereines und des Arbeitstechnischen Vereines in Wien, sowie als Vorsitzender der Interessengemeinschaft der Großwasserkraft-Gesellschaften Österreichs und des Verbandes der Elektrizitätswerke im Bund der österreichischen Industriellen. Zahlreiche sonstige Ehrenstellen im In- und Auslande sowie Auszeichnungen wurden ihm auf Grund seiner verdienstvollen Tätigkeit auf dem Gebiete der Energiewirtschaft, Wasserwirtschaft und Elektrotechnik verliehen. Eine Reihe

von Vorträgen und Veröffentlichungen fanden bei der Fachwelt größtes Interesse.

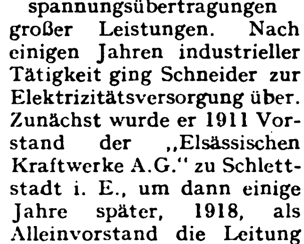
Selbst im Arbeitseifer beispielgebend, verlangte Brock von seinen Mitarbeitern restlose Hingabe an die gestellten Aufgaben. Alle jene, die Gelegenheit hatten, den Ideenreichtum und hohen Gedankenflug des Verblichenen bei der Lösung von Problemen und Überwindung von Schwierigkeiten zu bewundern, werden das Ableben des bedeutenden Ingenieurs und Energiewirtschafters lebhaft bedauern und sein Andenken unvergeßlich halten. J. Handler VDE

H. Hoopmann †. — Infolge eines Verkehrsunfalles verschied am 30. 7. der Direktor und Betriebsführer der Betriebsverwaltung Göttingen der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft Mitteldeutschland in Kassel, Dipl.-Ing. Heinrich Hoopmann VDE, kurz nach Vollendung seines 60. Lebensjahres. Ein Leben reich an Arbeit und Erfolgen hat damit sein vorzeitiges Ende gefunden. Am Grabe ihres Betriebsführers trauert seine Gefolgschaft, der Direktor Hoopmann aus innerer Überzeugung Führer und Freund zugleich gewesen ist. Der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft Mitteldeutschland galt der Verstorbene als pflichttreuer und arbeitsfreudiger Mitarbeiter, dessen reiches Wissen und kluger Rat ihr stets wertvoll gewesen sind.

R. Schneider †. — Am 28. Juni 1941 starb Herr Professor Ruppert Schneider VDE, Honorarprofessor für Elektrizitätswirtschaft an der T. H. Darmstadt, kurz nach Vollendung seines 65. Lebensjahres.

R. Schneider entstammte einer Beamtenfamilie. Nach Beendigung der Schulzeit in Wiesbaden und nach Ablegung einer mehrjährigen praktischen Tätigkeit, zum Teil in den V. S. Amerika, studierte er an der T. H. Darmstadt und legte 1905 seine Diplomhauptprüfung ab. Vom Januar 1906 an war er als Chefingenieur der Abteilung Zentralen bei der Firma Brown, Boveri & Cie. in Mannheim tätig. Hier arbeitete er an der Projektierung und der baulichen Durchführung von Hochspannungsübertragungen großer Leistungen. Nach einigen Jahren industrieller Tätigkeit ging Schneider zur Elektrizitätsversorgung über. Zunächst wurde er 1911 Vorstand der „Elsässischen Kraftwerke A.G." zu Schlettstadt i. E., um dann einige Jahre später, 1918, als Alleinvorstand die Leitung der gemischt wirtschaftlichen Unternehmung der „Elektrizitätswerke Sachsen-Anhalt AG." in Halle zu übernehmen. In dieser Tätigkeit hatte er die Elektrizitäts-Großbewirtschaftung der Provinz Sachsen in schwersten Zeiten mit wirtschaftlichem Erfolg durchgeführt. Auf Grund seiner reichen Erfahrungen begann er sich frühzeitig mit dem für die Elektrizitätsversorgung wichtigen Gebiet der Elektrizitätswirtschaft wissenschaftlich zu befassen. 1925 bot ihm die T. H. Darmstadt die Möglichkeit, als Honorarprofessor für Elektrizitätswirtschaft dieses Gebiet erstmalig in Deutschland in Vorlesungen zu behandeln. Im Laufe der Jahre sind aus seiner Hand eine Reihe wesentlicher Abhandlungen, besonders auf dem Gebiete der Kostenfrage und der Tarifpolitik hervorgegangen. Einen Überblick über sein Lebenswerk gibt das von ihm im Jahre 1936 veröffentlichte Buch: „Elektrische Energiewirtschaft".

R. Schneider †



Ruppert Schneider war lange Jahre Vorsitzender des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Bezirk Süd-Hessen und hat es verstanden, durch rege Vereinsarbeit und Vortragstätigkeit den örtlichen Verband zur Blüte zu bringen. In späteren Jahren, als Schneider den Vorsitz niederlegte, war seine weitere Mitarbeit als Vorstandsmitglied von großem Nutzen. Er hat sich durch seine Tätigkeit im VDE zahlreiche Freunde erworben. Alle, die ihn kannten, werden ihm stets ein ehrendes Gedenken bewahren. Th. Buchhold VDE

Auszeichnungen. — In Anerkennung ihrer sehr guten Leistungen bei der Diplom-Hauptprüfung wurde Dipl.-Ing. Walter Mollenhauer in Hennigsdorf und Dipl.-Ing. Klaus-Peter Goetzke in Berlin-Finkenkrug von der Siemens-Ring-Stiftung auf Vorschlag der T. H. Berlin ein Bild von Werner von Siemens verliehen.

BUCHBESPRECHUNGEN

621.315.668.1

Der Leitungsmast aus Holz, sein Rohstoff, seine pflanzlichen und tierischen Zerstörer, seine Tränkung und Pflege. Von B. Fenske. Mit 30 B. u. 71 S. im Format 150 × 210 mm. Kommissionsverlag: F. Böhnke, Buchhandlung, Inh. R. Gründer, Marienwerder/Westpr. 1940. Preis geb. 3,50 RM.

In dem vorliegenden Buch wird vom Verfasser auf Grund langer praktischer Erfahrungen und auf Grund einer Rundfrage bei einer großen Anzahl von Elektrizitätswerken ein umfassender Überblick gegeben über die Möglichkeiten, die Lebensdauer der Leitungsmasten durch Tränkung und Nachpflege zu verlängern.

Zu Beginn wird eine Darstellung des allgemein Wissenswerten über Holz gegeben und insbesondere auf den Einfluß des Klimas und des Bodens auf die Lebensdauer der Masten hingewiesen. Ausführlich werden dann die wichtigsten tierischen und pflanzlichen Zerstörer des Holzes beschrieben. Großen Raum nehmen die interessanten Ausführungen über Maßnahmen gegen das Fortschreiten der Fäulnis ein. Hier werden aus dem praktischen Betriebe wertvolle Erfahrungen über die verschiedenartigsten Nachpflegemittel mitgeteilt. Diese Darlegungen dürften besonders auch für die Nachpflege der im Kriege zum Einbau gekommenen Masten sehr nützlich sein. Weiterhin werden eingehend die verschiedenen heute gebräuchlichen Tränkungsarten besprochen und hierbei insbesondere das einfache und das gegenläufige Saftverdrängungsverfahren, die Teerölimprägnierung, die Osmotierung sowie das Kesseldruckverfahren mit Salzgemischen behandelt. Zur Erlangung einer längeren Standdauer empfiehlt der Verfasser die Anbringung eines Längsschlitzes, der zur Vermeidung späterer Wind- und Schwindrisse vor der Tränkung eingefräßt wird. Dieser Schlitz ermöglicht die vollwertige Tränkung, sogar von kernfaulem Stammholz, das früher dem Brennholz verfiel, und erspart den Werken den vorzeitigen Ausbau von faulen Masten, die ohne den Schlitz getränkt wurden, aber schon im Walde schwammkrank waren.

Das Buch, dem eine Reihe guter Bilder beigegeben ist, gibt eine klare Darstellung aller wichtigen Fragen des Fäulnisschutzes bei Leitungsmasten und eine weite Verbreitung dieses Buches ist mit Rücksicht auf die Wichtigkeit dieser Fragen wünschenswert. Das Buch eignet sich auch zur Weitergabe an die Leitungsmeister oder Obermonteure, die mit der Auswahl der Masten und der Mastenpflege zu tun haben. P. Perlick VDE

EINGÄNGE

Bücher

RAL 478 B Bezeichnungsvorschriften, Lieferbedingungen und Prüfverfahren für Preßspan (-span). Herausgeg. vom Reichsausschuß für Lieferbedingungen und Gütesicherung (RAL) beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit (RKW). 1. Ausg. Februar 1941. 8 S. im Format A 6. Beuth-Vertrieb GmbH., Berlin 1941. Preis 0,40 RM.

[Für Preßspan zur Verwendung in der Elektrotechnik bestehen seit etwa 10 Jahren VDE-Leitsätze, die seit 1935 den Titel VDE 0315 „Leitsätze für die Prüfung von Preßspan" führen, ferner Normen für Tafel- und Rollen-Preßspan (DIN VDE 600 und DIN 40 602).

Im Februar 1941 sind vom Reichsausschuß für Lieferbedingungen und Gütesicherung (RAL) beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit (RKW) Vereinbarungen für die nichtelektrotechnischen Anwendungsgebiete von Preßspan herausgegeben worden, die die Schaffung klarer Bezeichnungen und Lieferbedingungen bezwecken. Bei der Aufstellung konnten die Erfahrungen der Elektrotechnik in Zusammenarbeit mit dem VDE übernommen werden. Die vorgeschriebenen Prüfverfahren und die geforderten Eigenschaftswerte lehnen sich daher weitgehend an die VDE-Leitsätze für Preßspan an.] *Kry.*

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:
Dr.-Ing. habil. F. Borgnis, Graz, Liebigstr. 22/2
Dr.-Ing. F. Führer VDE, München 13, Schellingstr. 68
A. Geißler, Dresden-A 36, Rickmersstr. 68
Dozent Dr. Reg.-Rat E. Justi, Berlin W 50, Achenbachstr. 2 pt.

Abschluß des Heftes: 15. August 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

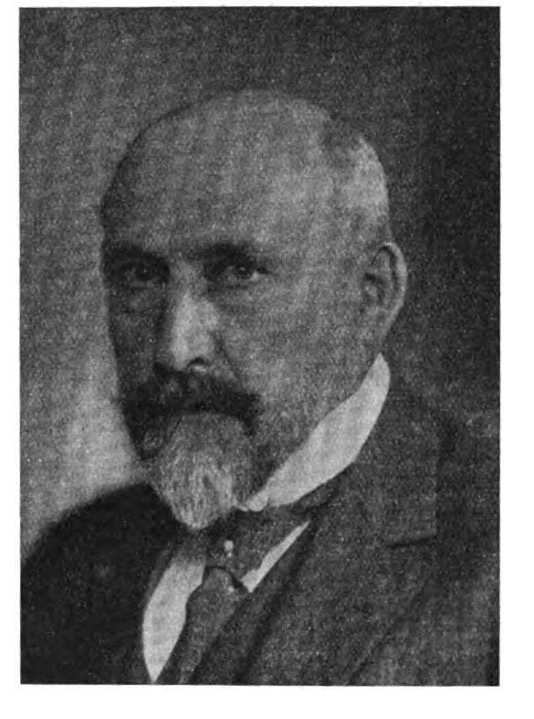
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Springer-Verlag, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 28. August 1941 | Heft 35

Carl Köttgen zum 70. Geburtstag

Carl Köttgen VDE vollendet am 29. August sein 70. Lebensjahr. In Barmen als Sohn eines Ingenieurs geboren, besuchte er das Realgymnasium seiner Vaterstadt. Sein frühzeitig gewecktes Interesse an technischen Dingen führte ihn zum Studium des Maschinenbaues und der Elektrotechnik an der T. H. Berlin. Im Jahr 1894 begann er als Ingenieur bei Siemens & Halske im Büro für Kraftübertragungen seine berufliche Laufbahn, welche ihn rasch in leitende Stellungen brachte. Bereits 1897 wurde er stellvertretender Leiter dieses Büros und zwei Jahre später stellvertretender Direktor. Bei der Gründung der Siemens-Schuckertwerke AG. wurde er 1903 zum Prokuristen und 1908 zum Vorstandsmitglied der SSW ernannt. Inzwischen war ihm die Leitung der englischen Werke des Hauses Siemens übertragen worden. Bei Kriegsbeginn in England interniert, kehrte er erst 1919 nach Deutschland zurück, übernahm zunächst die Führung der Zentralwerksverwaltung und trat 1921 als Vorsitzender des Vorstandes an die Spitze der Siemens-Schuckertwerke, deren Geschäfte er bis zu seinem Übertritt in den Ruhestand im Februar 1939 leitete.



Carl Köttgen hat nahezu 50 Jahre an der Entwicklung der Starkstromtechnik richtungweisend teilgenommen. Seine Erfolge verdankt er der vielseitigen Begabung für die Erfassung der technischen Zusammenhänge im Großen und für die konstruktive Gestaltung bis in die Einzelheiten. Er war stets der erste Ingenieur seines Hauses, der seine Mitarbeiter für technische Aufgaben begeisterte und mitriß. Frühzeitig hat er die Bedeutung der Elektrotechnik für die Industrie und die Vorteile der elektrischen Antriebe für Industrie und Gewerbe erkannt. Die von ihm gelösten Aufgaben zählen zu den erfolgreichsten Pionierarbeiten der Starkstromtechnik.

Im Jahre 1901 wurde nach seinen Entwürfen die elektrisch angetriebene Hauptfördermaschine der Grube Zollern II gebaut, bei der für das Anlassen und Regeln anfangs eine Akkumulatorenbatterie und später ein Ilgnerantrieb vorgesehen war. Diese Maschine wurde als die größte ihrer Zeit auf der Düsseldorfer Gewerbe- und Industrieausstellung gezeigt. Für die Planung und den Bau elektrisch angetriebener Umkehrwalzenstraßen schuf er erstmalig eine einwandfreie Grundlage. Unter seiner Führung wurde die erste durch Elektromotoren angetriebene Umkehrwalzenstraße im damaligen Reichsgebiet für die Georgs-Marien-Hütte gebaut und 1907 in Betrieb genommen. Um die Jahrhundertwende setzte sich Carl Köttgen für die Einführung des elektrischen Schiffszuges auf Wasserstraßen ein.

Neben seiner beruflichen Arbeit war Carl Köttgen in vielen Verbänden und Ausschüssen ehrenamtlich tätig. Nachstehend seien nur die für die Elektrotechnik wichtigen genannt. In den Jahren 1926/27 war er Vorsitzender des Elektrotechnischen Vereins Berlin, nachdem er bereits 1907 und 1911 bis 1913 dem Ausschuß und 1924 dem Beirat des Vereins angehört hatte. Im Jahre 1928 wurde er zum Ehrenmitglied des Ausschusses ernannt. Als Vorsitzender des Deutschen nationalen Komitees der Weltkraftkonferenz führte er 1929 die deutschen Teilnehmer zum Weltingenieurkongreß nach Japan. Im folgenden Jahr stand er an der Spitze der II. Weltkraftkonferenz in Berlin.

In einer großen Zahl von Veröffentlichungen und Vorträgen hat Carl Köttgen zu technischen, wirtschaftlichen und arbeitspolitischen Fragen Stellung genommen und über seine auf Auslandsreisen gewonnenen Eindrücke und Erfahrungen berichtet. Die Prüfung der neuen amerikanischen Arbeitsverfahren hinsichtlich ihrer Eignung für Deutschland sind Gegenstand eines im Jahre 1925 erschienenen Buches „Das wirtschaftliche Amerika“ sowie einer Reihe weiterer Veröffentlichungen. Über das Thema „Der wirtschaftliche Fortschritt in der Elektrotechnik“ sprach er im Jahre 1937 auf einer vom VDE veranstalteten Ferntagung.

In den langen Jahren seiner Berufstätigkeit wurden Carl Köttgen zahlreiche Ehrungen zuteil. Im Jahre 1920 wurde ihm die Würde eines Dr.-Ing. E. h. der T. H. Berlin verliehen. Die Institution of Electrical Engineers of Japan ernannte ihn 1930 zum Ehrenmitglied, 1932 erhielt er vom Kaiser von Japan den goldenen Becher. Das Deutsche Museum verlieh ihm den goldenen Ehrenring für seine wertvolle Mitarbeit und für die Förderung der Geschichte der Elektrotechnik.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker wünscht dem Jubilar, der längere Zeit seinem Vorstand und Ausschuß angehörte, noch viele Lebensjahre in voller Frische bei bestem Wohlergehen.

Die erste Drehstrom-Kraftübertragung vor 50 Jahren

DK 621.315(091)

Vor 50 Jahren, auf der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung in Frankfurt a. M. im Jahre 1891, begann der Aufschwung der elektrischen Energieverteilung. Die berühmt gewordene Drehstrom-Kraftübertragung von Lauffen am Neckar nach Frankfurt[1]) leitete eine Entwicklung ein, die der heutigen Elektrizitätswirtschaft und damit dem ganzen technischen Zeitalter das Gepräge gibt.

Um den richtungweisenden Einfluß dieser ersten größeren Kraftübertragung zu würdigen, muß man sich den Stand der Elektrotechnik vor 50 Jahren vergegenwärtigen: Nach der Erfindung der elektrischen Beleuchtung und des Elektromotors war die volkswirtschaftliche Bedeutung der Elektrotechnik überall klar erkannt worden, und das Problem der zentralen Energieversorgung der Städte und Gemeinden lag gewissermaßen in der Luft. Als Wettbewerber der Elektrizität trat vor allem das Leuchtgas auf, das nach der Erfindung des Auerlichts im Jahre 1891 einen beträchtlichen Aufschwung nahm. Ein anderer, heute längst vergessener Wettbewerber war die Druckluft. Es wurde vorgeschlagen, den Verbrauchern die Druckluft durch ein Rohrleitungsnetz zuzuführen. Handwerk und Kleingewerbe sollten Druckluftmotoren verwenden, und auch der Strom für die elektrische Beleuchtung sollte in Kleinanlagen oder Blockstationen durch diese einfachen und billigen Motoren erzeugt werden.

Bezüglich der elektrischen Energie gingen die Meinungen, ob Gleichstrom oder Wechselstrom zweckmäßiger sei, weit auseinander. Erfahrungen, auf die man sich stützen konnte, lagen noch nirgends vor. Die vorhandenen Gleichstromzentralen hatten nur einen engen Wirkungskreis, der vielen Städten nicht genügte, insbesondere, wenn auswärtige Kraftquellen benutzt werden sollten.

Das war in großen Umrissen der Stand der Energiewirtschaft, als die Stadtverwaltung von Frankfurt a. M. den Bau eines Elektrizitätswerkes beschloß. Es war nun zu entscheiden, ob Gleichstrom oder Wechselstrom gewählt werden sollte. Um Vergleichsmöglichkeiten zu schaffen, wurde beschlossen, der elektrotechnischen Industrie auf einer großen internationalen Ausstellung Gelegenheit zu geben, die verschiedenen Systeme praktisch vorzuführen[2]). Oskar von Miller wurde mit der technischen Leitung der Ausstellung betraut. Er ließ zu dieser Zeit gerade durch die Maschinenfabrik Oerlikon ein Wasserkraftwerk in Lauffen am Neckar errichten, das die 10 km entfernte Stadt Heilbronn mit Strom versorgen sollte, und faßte daher den Plan, diese Anlage für einen großen, überzeugenden Kraftübertragungsversuch auszunutzen, der ein Glanzpunkt der Ausstellung werden sollte.

Der Gedanke einer Kraftübertragung auf eine solche Entfernung war damals sehr kühn, aber die Zeit war reif dafür. In dem Streit der Meinungen um Gleichstrom oder Wechselstrom kamen dem Wechselstrom bedeutsame Forschungsergebnisse zu Hilfe. Ferraris hatte das Drehfeld entdeckt, und er selbst sowie andere namhafte Elektrotechniker — Tesla, Bradley, Haselwander, von Dolivo-Dobrowolsky — beschäftigten sich erfolgreich mit der Entwicklung von Drehfeldmotoren für Mehrphasenströme. Von Dolivo-Dobrowolsky hatte im Jahre 1889 einen asynchronen Dreiphasen-Motor mit Kurzschlußläufer entwickelt, der bei gutem Wirkungsgrad an Einfachheit nichts mehr zu wünschen übrigließ. Bei einer Vorführung dieses Motors in einer Fabrik der AEG, in der von Dolivo-Dobrowolsky als Ingenieur und später als Chefelektriker tätig war, bahnte sich eine Zusammenarbeit zwischen der AEG und der Schweizer Maschinenfabrik Oerlikon an, die Lizenznehmerin der AEG wurde.

An diese beiden Firmen wandte sich Oskar von Miller mit dem Vorschlag, die Kraftübertragung von Lauffen nach Frankfurt durchzuführen. In Lauffen standen 300 PS in einer Wasserturbine zur Verfügung. Diese sollten durch einen Drehstromgenerator — die Bezeichnung „Drehstrom" war von Dolivo-Dobrowolsky geprägt worden — in elektrische Energie umgewandelt werden. Durch Transformatoren sollte dann die Spannung auf 15 000 V heraufgesetzt werden; eine Freileitung von 178 km Länge sollte den Strom nach Frankfurt leiten, wo er wieder abgespannt und zum Betrieb von Motoren und Beleuchtungsanlagen verwendet werden sollte. Die Firmen erklärten sich bereit, diesen Plan auszuführen, obwohl die Spannung für die damaligen Verhältnisse außerordentlich hoch war und obwohl es nicht an Zweiflern fehlte, die eine solche Übertragung für unmöglich oder zu gefährlich hielten. Auch die maßgebenden Behörden mußten erst durch Hochspannungsversuche davon überzeugt werden, daß eine ausreichende Sicherheit gewährleistet werden konnte, bevor sie die Genehmigung zur Ausführung gaben.

Die Kraftübertragungsanlage wurde in der Weise errichtet, daß die Maschinenfabrik Oerlikon den Drehstromgenerator von 300 PS, 55 V (Bild 1) sowie einen Teil der Transformatoren erstellte. Die AEG stellte in Frankfurt einen 100 PS-Motor für 100 V (Bild 2), die restlichen Transformatoren (Bild 3) und die Schaltanlagen in Lauffen und Frankfurt zur Verfügung. Der Motor trieb auf der Ausstellung eine Pumpe an, die einen 10 m hohen Wasserfall in Betrieb hielt. Die Fernleitung, die aus drei Kupferdrähten von 4 mm Dmr. bestand, wurde von der Firma Hesse & Söhne, Heddernheim, leihweise geliefert und von der Postverwaltung auf Holzmasten in 60 m Abstand mit Ölisolatoren verlegt.

Bemerkenswert sind die Sicherungsmaßnahmen, die dabei getroffen wurden: Hinter dem Transformatorenhaus in Lauffen waren die ersten beiden Masten in nur 2,5 m Entfernung aufgestellt. Dazwischen waren als Hochspannungssicherungen für jede Leitung zwei Kupferdrähte von 0,15 mm Dmr. ausgespannt. Zur Erhöhung der Sicherheit war die Leitung am Bahnkörper der Eisenbahn entlang verlegt. An allen Stationen sowie am Transformatorenhaus zu Frankfurt waren auf Vorschlag Dobrowolskys

[1]) AEG-Mitt. (1941) H. 5/6, S. 121.
[2]) S. a. H. Görges, Die Internationale Elektrotechnische Ausstellung in Frankfurt a. M., ETZ 62 (1941) H. 20, S. 457.

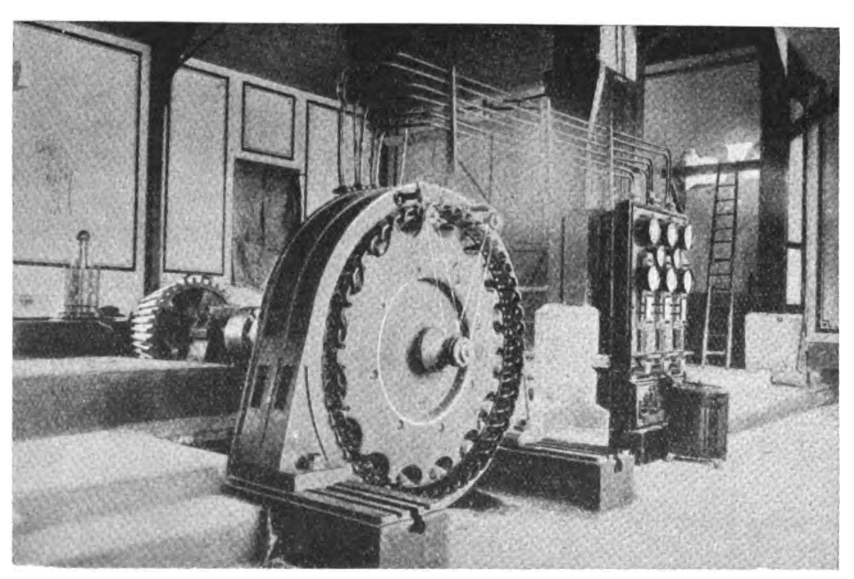


Bild 1. Drehstromerzeuger, 300 PS, und Schaltanlage in der Station Lauffen.

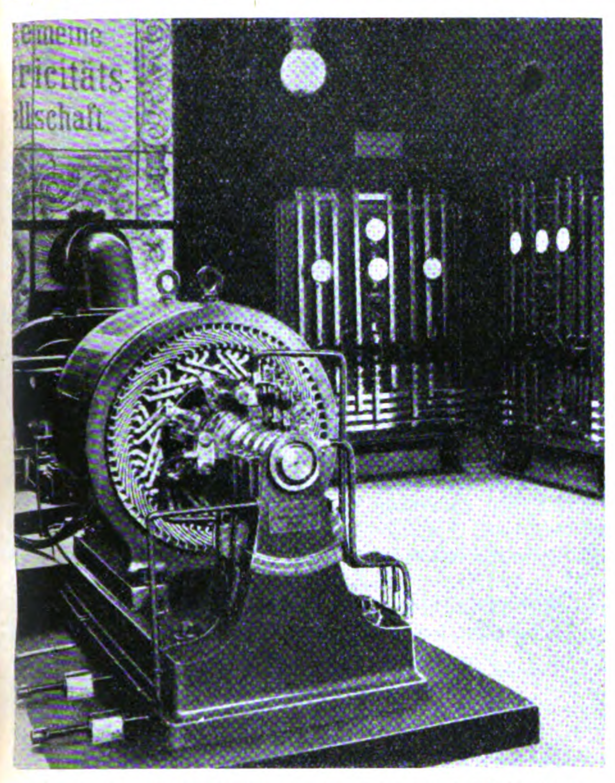


Bild 2. 100 PS-Drehstrommotor, 600 U/min, und Schaltanlagen auf der Frankfurter Ausstellung 1891.

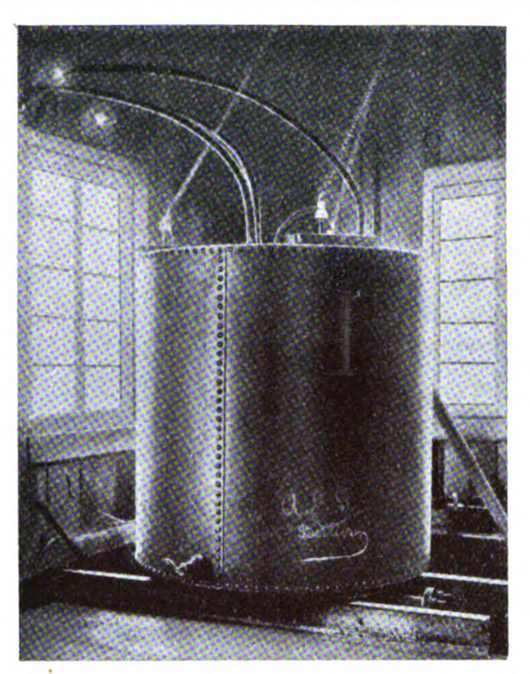


Bild 3. Transformator, 150 kVA, im Transformatorhaus Lauffen (1891).

Kurzschlußgalgen vorgesehen. Sie sollten dazu dienen, im Notfall winklig gebogene eiserne Kurzschließer durch Seilzug auf die Leitung herabzulassen, um die Hochspannungssicherungen zum Durchschmelzen zu bringen.

Die Kraftübertragungsanlage wurde am 24. August 1891 in Betrieb genommen. Die Spannung wurde zweimal transformiert: in Lauffen von 50 auf 15 000 V und in Frankfurt von 15 000 auf 100 V. Außer dem erwähnten 100 PS-Drehstrommotor wurden in Frankfurt eine Anzahl kleiner Drehstrommotoren sowie ein Lampenschild mit 1000 Glühlampen mit dem in Lauffen erzeugten Drehstrom gespeist. Die Anlage arbeitete tadellos, obwohl einige Teile, z. B. der 100 PS-Motor, sehr eilig hergestellt worden waren und vorher nicht geprüft werden konnten.

Später, nach Schluß der Ausstellung, wurde die Spannung auf der Leitung versuchsweise auf 25 000 bis 30 000 V erhöht. Auch bei diesen Spannungen arbeitete die Anlage einwandfrei. Von einer Prüfungskommission, die alle ausgestellten Gegenstände zu prüfen und zu begutachten hatte, wurden sehr sorgfältige Messungen gemacht. Die wichtigste Frage, ob durch die Hochspannung neue, bisher nicht bekannte Verluste auftreten, konnte verneint werden. Der Wirkungsgrad von der Turbinenwelle bis zu der Beleuchtungsanlage in Frankfurt wurde mit 75,2 % bei 190 PS und 15 000 V festgestellt.

Diese Kraftübertragung war eine Aufsehen erregende Einführung des Drehstromes in die Öffentlichkeit. Insbesondere der einfache Motor wurde von Fachleuten und Laien als bedeutender Fortschritt anerkannt. Mit der Frankfurter Ausstellung, die den Vertretern der Städte und Gemeinden ein eindrucksvolles Bild von der Leistungsfähigkeit und den Entwicklungsmöglichkeiten der Elektrotechnik für die Energieversorgung vermittelte, begann auch der Drehstrom seinen Siegeszug und leistete im Laufe seiner 50jährigen Entwicklung einen maßgeblichen Beitrag zum Aufbau unseres technischen Zeitalters.

K. Janczikowski VDE

Berechnung von Fahrwerkbremsen

Von **Heinz Thomas**, Duisburg

DK 621.34 : 621.87-592.1

Übersicht. Der in dieser Zeitschrift veröffentlichte Beitrag zur Normalisierung von Hebezeugbremsen[1]) hat, wie Zuschriften beweisen, lebhaften Widerhall gefunden. Von interessierter Seite wurde dem Wunsch Ausdruck gegeben, auch das Berechnen von Fahrwerkbremsen einer Nachprüfung zu unterziehen, wofür im folgenden die grundlegenden Zusammenhänge abgeleitet werden.

Die frühere Arbeit[1]) befaßte sich mit Hubwerksbremsen und hatte eine konstante Nachlaufdrehzahl der Bremse von $n_x = 5$ zur Grundlage, da die Nachlaufdrehzahl für den Verschleiß der Bremsen maßgebend ist. Bei Fahrwerkbremsen, insbesondere bei solchen von Bauwerken, die im Freien laufen, liegen andere Verhältnisse recht unterschiedlicher Art vor; denn die eine Verladebrücke hat nur ein geringes Gewicht und ist groß in der Windfläche, die andere besitzt umgekehrte Verhältnisse. Groß wird der Unterschied außerdem beim Verwenden von Wälzlagern in den Laufrädern. Weiterhin ist zu beachten, daß die Motorleistung durchweg für einen Gegenwind von 15 kg/m² bestimmt wird, während die Bremse so stark sein muß, daß das Bauwerk bei einem Rückenwind von 50 kg/m² (Betriebswinddruck) aus der Bewegung heraus auf einem nicht zu großen Nachlaufweg zur Ruhe gebracht wird. Das Bremsmoment M_B kann also nicht in einem festen Verhältnis zum Motordrehmoment stehen; es kann nur mit Sicherheit und richtig durch Errechnen des Nachlaufweges erfaßt werden.

[1]) H. Thomas, Beitrag zur Normalisierung von Hebezeugbremsen. ETZ 61 (1940) S. 469.

Die bewegten Massen werden durch ein überschüssiges Bremsmoment $M_{Bü}$ zur Ruhe gebracht; dieses beträgt

bei Rückenwind

$$M_{Bü} = M_B - M_{\text{Wind}} + M_F, \tag{1}$$

ohne Wind

$$M_{Bü} = M_B + M_F, \tag{2}$$

bei Gegenwind

$$M_{Bü} = M_B + M_{\text{Wind}} + M_F. \tag{3}$$

M_{Wind} und M_F (letzteres vom Fahrwiderstand herrührend) müssen auf die Bremsscheibenwelle unter Berücksichtigen des Wirkungsgrades η reduziert werden.

$M_{Bü}$ ist auch die Summe der Momente $M_{d_1} + M_{d_2}$, wobei M_{d_1} das Moment der umlaufenden Massen und M_{d_2} das Moment der waagerecht bewegten Massen, bezogen auf die Bremsscheibenwelle, bedeutet.

$$M_{Bü} = M_{d_1} + M_{d_2}. \tag{4}$$

Bezeichnet man mit n die Drehzahl in U/min, G das Gewicht des Bauwerks, r den Laufradius in m und mit i das Übersetzungsverhältnis, so ist

$$M_{Bü} = \frac{I\,\omega}{t} + \frac{m\,v}{t}\,r\,i\,\eta =$$

$$= \frac{GD^2\,\pi\,n}{4\,g\,30\,t} + \frac{G\,v}{g\,t}\,r\,i\,\eta; \quad n = \frac{v\,60}{2\,r\,\pi\,i},$$

$$M_{Bü} = \frac{GD^2\,\pi\,v\,60}{4\,g\,30\,t\,2\,r\,\pi\,i} + \frac{G\,v}{g\,t}\,r\,i\,\eta =$$

$$= \frac{GD^2\,v}{4\,g\,t\,r\,i} + \frac{G\,v}{g\,t}\,r\,i\,\eta = \frac{v}{g\,t}\left(\frac{GD^2}{4\,r\,i} + G\,r\,i\,\eta\right). \tag{5}$$

$$t = \frac{v}{g\,M_{Bü}}\left(\frac{GD^2}{4\,r\,i} + G\,r\,i\,\eta\right). \tag{6}$$

Der Nachlaufweg ist

$$s = \frac{v\,t}{2}, \quad p = \frac{v}{t}; \quad n_x = \frac{n\,t}{60 \cdot 2}$$

ist die Nachlaufdrehzahl der Bremse.

Es empfiehlt sich, alle diese Werte zu ermitteln und als Nachlaufdrehzahl n_x nicht mehr als 8 zuzulassen, da sonst der Verschleiß zu groß ist; der Wert 8 ist ein Mittelwert aus Rücken- und Gegenwind.

Nachrechnung der Rutschgrenze und des Grenzwinddruckes

Ferner ist gleichfalls wichtig, die Verzögerung p nachzurechnen. Bei schnellfahrenden Katzen von etwa 3 m/s wird p etwa 2,5 m/s², wobei die Räder auf den Schienen gleiten würden. Eine Bremse aber stärker zu machen, als es der Rutschgrenze zwischen Schiene und Rad entspricht, ist zwecklos.

Die Verzögerung der Rutschgrenze ohne Windeinwirkung ist p_R. Beim Berechnen von p_R ist zu unterscheiden, ob alle Räder oder nur die Hälfte von ihnen gebremst werden.

a) Werden alle Räder gebremst, so ist

$$p_R = g\,\mu.$$

Hierbei ist μ der Reibungskoeffizient zwischen Schiene und Rad.

b) Nur die Hälfte der Räder wird gebremst; hierbei ist vorausgesetzt, daß an jeder Ecke die Hälfte der Räder angetrieben ist, um ein Entlasten durch Wind auszugleichen.

$$p_R = \frac{g\,\mu}{2} + \frac{F_1\,g}{G},$$

wobei F_1 der Fahrwiderstand der nicht gebremsten Räder ist. Der Wert $\frac{F_1\,g}{G}$ ist etwa 12 % von $\frac{g\,\mu}{2}$, so daß mit genügender Genauigkeit gesetzt werden kann:

$$p_R = 0{,}56\,g\,\mu.$$

Bei feuchten Schienen ist $\mu = 0{,}14$; damit wird

$$p_R = 1{,}373\ \text{m/s}^2 \text{ bzw. } 0{,}770\ \text{m/s}^2$$

für die Fälle a und b.

Wenn die errechnete Verzögerung p_R übersteigt, muß entweder ein Motor mit geringerer Drehzahl oder eine elektrische Bremsschaltung mit gleichzeitigem Vermindern des Bremsmomentes gewählt werden.

Vorteilhaft ist es außerdem, nachzurechnen, bei welchem Winddruck das Bauwerk aus der Bewegung heraus nicht mehr zur Ruhe kommt, also $t \to \infty$ geht. Demzufolge muß $M_{Bü} = 0$ sein. Dann ergibt sich aus Gl. (1)

$$M_{\text{Wind}} = M_B + M_F. \tag{7}$$

Bestimmung der Anfahrzeit

Die abgeleiteten Gleichungen eignen sich auch zum Bestimmen der Anfahrzeit. In Gl. (6) steht dann η im Nenner, und statt M_B ist das mittlere Anzugsmoment des Motors M_A zu setzen.

$$t = \frac{v}{g\,M_ü}\left(\frac{GD^2}{4\,r\,i} + \frac{G\,r\,i}{\eta}\right). \tag{8}$$

Bei Gegenwind ist

$$M_ü = M_A - M_{\text{Wind}} - M_F, \tag{9}$$

ohne Wind

$$M_ü = M_A - M_F, \tag{10}$$

bei Rückenwind

$$M_ü = M_A + M_{\text{Wind}} - M_F.$$

Zusammenfassung

Auf Grund der abgeleiteten Gleichungen und angegebenen Erfahrungswerte ist es möglich, alle auftretenden Umstände einwandfrei zu erfassen und die Fahrwerkbremsen so zu konstruieren, wie es der Betrieb und die Wirtschaftlichkeit erfordern.

Über die Berechnung der Wärmewirkung von Ausgleich- und Überströmen

DK 621.365.014.3

In den meisten mit Kurz-, Erdschlüssen und Entladungsvorgängen zusammenhängenden Fällen läßt sich die Wärmewirkung des nach bestimmten Gesetzen veränderlichen Stromes aus dem Zeitintegral des Amplitudenquadrates für jeden Augenblick rechnerisch ermitteln[1]). Die Grundlagen der Berechnung für die öfter vorkommenden Zeitfunktionen des Stromes werden erklärt und zusammenfassend dargestellt. Nach der Ableitung der Überlagerungsregel zur Berechnung der Wärmewirkung eines in Komponenten zerlegbaren Stromes aus der entsprechenden Wirkung der einzelnen Bestandteile (z. B. Ausgleich- und Dauerkurzschlußstrom), werden erst aperiodische, dann periodische Zeitfunktionen behandelt. Außer den Wärmewirkungsfunktionen werden jeweils besondere Hilfsfunktionen ermittelt, die bei der Überlagerung einer zeitlich konstanten Stromamplitude die schnelle Berechnung der Gesamtwärmewirkung ermöglichen. Die wichtige Rolle der Zeitkonstanten für die Ermittlung der Wärmewirkung von Exponentialfunktionen wird nachgewiesen und erläutert. Für die Funktionen des Stoßstromverlaufes werden wichtige Grenzwerte abgeleitet und graphisch dargestellt. Die Untersuchung der periodischen Zeitfunktionen beschränkt sich auf den Einschwingvorgang, da nach etwa 20 Perioden mit der effektiven Stromstärke gerechnet werden kann. Verlauf und Verhalten der behandelten Zeit- und Wirkungsfunktionen werden an Hand der mathematischen Analyse klargelegt und dadurch der Weg für praktische Berechnungen geebnet. Als vornehmste Aufgabe dieser theoretischen Erwägungen wird die Bereitstellung einfacher Hilfsmittel für den im Betrieb stehenden Ingenieur angesehen. An anderer Stelle[2]) sollen die Ergebnisse auch graphisch zur Darstellung gebracht werden.

[1]) A. Avramescu, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 6, S. 344; 10 S., 7 B.

[2]) A. Avramescu, ETZ 30 (1941) S. 591.

Elektrischer Leitungsmechanismus und Supraleitfähigkeit der Metalle

Von E. Justi, Berlin

(*Schluß von S. 725*)

DK 537.311.1+.312.62

b. Die Typenlehre des elektrischen Widerstandes der Metalle

Stürzt man nun die Elektronengastheorie, indem man die jeweilige Gestalt des Kristallgitters und die spezifische Bindung und Streuung der Elektronen berücksichtigt, so gibt man die Möglichkeit einer universellen Theorie auf und fordert zunächst für jedes Metall einen eigenen Leitungsmechanismus. Glücklicherweise lassen sich aber, wie unsere Messungen an Al [12], Pb [13], Mo [14], Ba [15], In [16], Cd [17], Na [18], Nb und Ta [19] zeigten [20, 21], die Leitungsmechanismen von Metallen ähnlicher Kristallstruktur und Anordnung der äußeren Elektronen, also chemischer Valenz, zu Leitfähigkeitstypen zusammenfassen. So zeigen z. B. die einwertigen Metalle ähnlichen elektrischen Widerstand bei einander entsprechenden Temperaturen, Feldstärken und Reinheitsgraden, und ähnlich wie Wolfram verhält sich nicht nur das ebenfalls sechswertige Molybdän, sondern auch die zweiwertigen Metalle Barium, Kadmium, Beryllium, Magnesium und Zink, und wenig hiervon verschieden ist das Verhalten der vierwertigen Metalle. Dagegen ergeben die Metalle ungeradzahliger Valenz, also außer den schon erwähnten einwertigen die drei-, fünf- und siebenwertigen Metalle, ein anderes Bild. Hier läßt sich durch Steigern der angelegten Feldstärke keine beliebig hohe Widerstandsänderung erzielen, vielmehr steigt der Widerstand bei höheren Feldstärken und tieferen Temperaturen nur noch verzögert an, wodurch die erzielbare relative Widerstandsänderung stark begrenzt wird. Auch die Metalle ungeradzahliger Valenz lassen sich zu Leitungstypen zusammenfassen, z. B. die dreiwertigen Metalle Aluminium und Indium.

Als Beispiel für solche geringe und mit dem Magnetfeld verzögert ansteigende Widerstandserhöhung wird in der vorhin für Wolframkristalle benutzten und beschriebenen Apparatur ein Versuch mit reinstem Aluminium vorgeführt. Wenn man den Al-Kristall durch Einfüllen von siedendem H_2 abkühlt, so sinkt sein Widerstand ebenfalls auf wenige $^1/_{1000}$ seines Zimmertemperaturwiderstandes, ähnlich wie bei Wolfram. Aber ein eingeschaltetes Magnetfeld, das den Widerstand von Wolfram beinahe vertausendfachte, führt keine auf der Skala mehr bemerkbare Widerstandserhöhung herbei. Der Versuch läßt erkennen, warum hier die relative Widerstandsänderung so gering ist: Dreht man den Kristall im magnetischen Querfeld, so tritt keine deutliche Widerstandsanisotropie auf. Immerhin überschreitet die beobachtete Widerstandsverdoppelung [12] bei weitem den von der Elektronengastheorie zugelassenen Grenzwert.

Von allen Metallen zeigten die niedrigste relative Widerstandsänderung fünfwertige Metalle wie Niobium [19], dessen Widerstand selbst durch 40 000 Gauß nur um $^2/_{1000}$ erhöht wird, während der des Wolfram unter gleichen Umständen verhunderttausendfacht wird. Diese Spanne der erzielbaren Widerstandsänderungen von 1 : 10 000 000 zeigt deutlich, daß eine universelle Theorie der Leitungserscheinungen unmöglich ist.

Betrachtet man nun am Beispiel des zum Aluminiumtypus gehörenden Indiums [16], das durch die Unabhängigkeit seiner Widerstandszunahme vom Richtungsunterschied zwischen Magnetfeld und Kristallrichtungen trotz der nichtregulären Kristallstruktur besonders merkwürdig ist, die Abhängigkeit der relativen Widerstandsänderung als Funktion der angelegten Querfeldstärke bei verschiedenen Temperaturen (Bild 14), so bemerkt man zunächst Widerstandsänderungen über drei Größenordnungen, nämlich von 0,1 % bis über 100 %, und zwar hängt offenbar bei gegebener Feldstärke H und Temperatur T die relative Widerstandsänderung auch entscheidend vom Restwiderstand, also der chemischen Verunreinigung und mechanischen Verformung ab. So zeigt eine ein wenig verunreinigte Probe bei 14 ° abs. eine etwa achtmal geringere Widerstandszunahme als eine reinere Probe bei derselben Temperatur, so daß eher die reine Probe bei 20 ° und die unreinere bei 14 ° abs. übereinstimmende Kurven der Feldstärkenabhängigkeit ergeben. Ist es nun möglich, die Widerstandszunahme eines Metalles bei verschiedenen Temperaturen T, Feldstärken H und Restwiderständen z miteinander in Beziehung zu bringen und nach Berücksichtigen dieser Variablen die Widerstandszunahmen verschiedener Metalle miteinander vernünftig zu vergleichen? Läßt sich also die von den drei Veränderlichen H, T und z abhängige Widerstandszunahme irgendwie als Funktion einer einzigen neuen Variablen darstellen, so daß sie in einem ebenen Diagramm abgebildet werden kann?

Dies wird durch die von M. Kohler theoretisch abgeleitete Regel [22] bejahend beantwortet, wonach unter gewissen Bedingungen die relativen Widerstandszunahmen innerhalb weiter Bereiche von Änderungen der Temperatur T, Feldstärke H und des Restwiderstandes z auf einer einzigen Kurve liegen, wenn man sie als Funktion des Argumentes H/r_T aufträgt, wobei $r_T = R_{T0}/R_{273}$ das Widerstandsverhältnis ist. Dies macht man sich anschaulich klar, indem man die Kurvenstücke des letzten Diagrammes (Bild 14) nicht mehr als Funktion von H, sondern des Quotienten H/r_T aufträgt. Tatsächlich ordnen sie sich dann genauestens zu einem einzigen glatten Kurvenzug (Bild 15), aus dem man jetzt die Widerstandserhöhungen für alle beliebigen Werte von T, H und z ablesen kann. Damit ergibt sich ein universelles Näherungsgesetz, wie etwa das von Wiedemann-Franz oder wie die

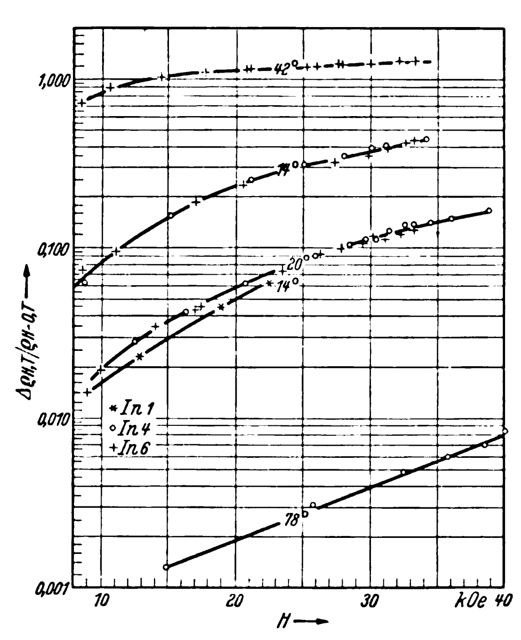


Bild 14. Meßergebnisse für die relative Widerstandszunahme der Indiumproben *In 1* (*), *In 4* (0) und *In 6* (+) als Funktion des angelegten magnetischen Querfeldes $H_\perp$ [kOe] bei 4,2, 14, 20,4 und 78° abs.

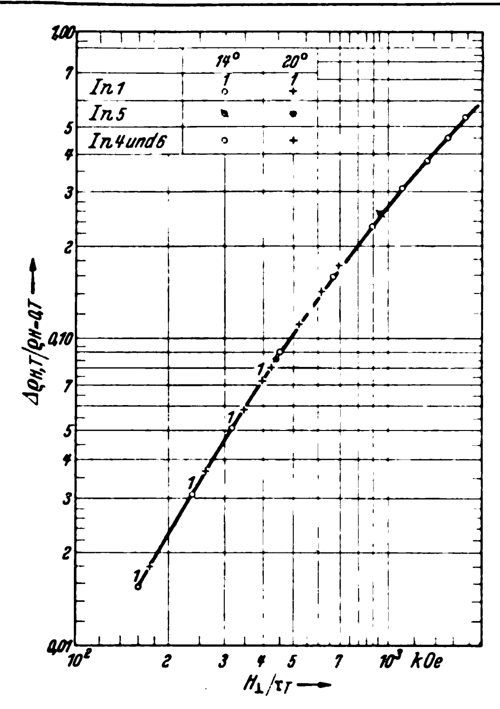


Bild 15. Meßergebnisse von Bild 14 in Abhängigkeit von $H_\perp/\mathfrak{r}_T$ aufgetragen.

Nernst-Mathiessensche Regel vom additiven Zusatzwiderstand, mit der es auch die theoretischen Voraussetzungen ebenso wie Abweichungen gemeinsam hat. Die im Nenner des Argumentes auftretende Größe, das Widerstandsverhältnis $r_T = R_T{}_0/R_{273}{}_0$, hat noch den Schönheitsfehler, daß in ihm die in der Natur nicht ausgezeichnete Eispunktstemperatur von 273 ° abs. als Bezugstemperatur vorkommt. Statt dessen führen wir, entsprechend der Debyeschen Theorie der spezifischen Wärmen, als Bezugstemperatur eine für jedes Metall kennzeichnende Temperatur Θ ° abs. ein, die für jeden Werkstoff so festgesetzt ist, daß bei ihr alle Metalle gleiche thermische Schwingungsenergie ihres Kristallgitters besitzen, z. B. für Pb 88 °, Au 175 °, W 385 ° abs. Zwei verschiedene Metalle erleiden also bei gleichen reduzierten Widerstandsverhältnissen dieselbe Störung ihrer Leitfähigkeit durch die Streuung ihrer Leitungselektronen an den Gitterschwingungen gleicher Energie. Trägt man nunmehr die relative Widerstandsänderung nicht mehr als Funktion von H/r_T, sondern von $H/\mathfrak{r}_T$ auf, so sind in dem sich ergebenden reduzierten Kohlerdiagramm die verschiedenen Widerstandsänderungen nicht nur weitgehend unabhängig von Änderungen der Temperatur, der Restwiderstände und Magnetfelder, sondern auch von den Gitterschwingungsenergien.

Damit ist das Ziel erreicht, die über viele Jahre gesammelten Einzelbeobachtungen der Widerstandsänderung reiner Metalle in einem einzigen Diagramm miteinander zu vergleichen. Dieses Diagramm, das vor kurzem dem Deutschen Physikertag vorgelegt werden konnte [21], zeigt Bild 16. Die Tatsache, daß sich hierbei Abszisse und Ordinate über viele Größenordnungen erstrecken, macht wegen einer gleichmäßigen relativen Darstellungsgenauigkeit das Einführen einer logarithmischen Teilung notwendig. In einer solchen ergibt sich eine Kurve bekanntlich dann als geradlinig, wenn die Widerstandsänderung mit einer unveränderlichen Potenz von $H/\mathfrak{r}_T$ ansteigt. Die Gültigkeit der Typenlehre der Leitfähigkeit zeigt sich nun darin, daß alle Metalle gleichen Typus eng beieinander liegende Kurven aufweisen, wie z. B. der Bariumtypus 2 n-wertiger Metalle, umfassend Kadmium, Beryllium, Zink, Magnesium, Barium, Wolfram und Molybdän. Im Gegensatz zu den Metallen geradzahliger chemischer Wertigkeit zeigen die Metalle ungeradzahliger Valenz verzögerten Anstieg der Widerstandskurve mit Sättigungstendenz. Hier gehören z. B. einerseits die Kurven für die einwertigen Metalle Cu, Ag, Au zusammen und anderseits die Kurven für die dreiwertigen Indium und Aluminium.

Dieses Diagramm ermöglicht es, das schon lange erstrebte Ziel zu erreichen, den Zusammenhang der elektrischen Leitfähigkeit mit dem periodischen System der Elemente zu erforschen, wie dies durch Zusammenfassen der zahlreichen, im Schrifttumsverzeichnis angeführten Einzeluntersuchungen in der letztgenannten Abhandlung [21] geschehen ist. Hier sei nur darauf hingewiesen, daß von wenigen sinnvoll begründeten Ausnahmen abgesehen ein tiefer Unterschied zwischen Metallen geradzahliger und ungeradzahliger Valenz besteht, indem die Leiter geradzahliger Wertigkeit durch hinreichend starke Magnetfelder zu Isolatoren gemacht werden, wie es sich auf Grund ihres atomistischen Aufbaues mittels des oben skizzierten Pauliprinzips verstehen läßt. Insofern ist es sinnvoller, die Leitfähigkeit der Metalle in sehr starken als in verschwindend kleinen Feldern zu betrachten, wie man es gewöhnlich tut. Allerdings bemerkt man schon in der dem Elektrotechniker geläufigeren Tabelle der spezifischen Widerstände bei $H = 0$, daß ein- und dreiwertige Metalle wie Cu, Ag und Al besser leiten als zweiwertige wie Cd, Zn, vierwertige wie Sn, Pb oder sechswertige wie Ta, W.

Auf eine ganz andere Weise ist J. Kramer zu übereinstimmenden Ergebnissen über die Bedeutung der Kristallstruktur für die metallische Leitfähigkeit gekommen; er ging davon aus, daß Metalldämpfe elektrisch isolieren, und es gelang ihm, unter besonderen Bedingungen Metalldämpfe so zu kondensieren, daß sie noch nicht die Kristallstruktur des gewöhnlichen Festkörpers zeigen. In diesem Falle bleiben die Metalle solange elektrische Isolatoren, bis man sie soweit erwärmt, daß sich plötzlich die Kristallstruktur ausbildet, die ein unmittelbares Einsetzen der normalen elektrischen Leitfähigkeit zur Folge hat. Eine zusammenfassende Darstellung dieser Forschungsergebnisse hat kürzlich A. Schulze [23] gegeben. Diese Lehre vom amorphen Metallzustand ist im-

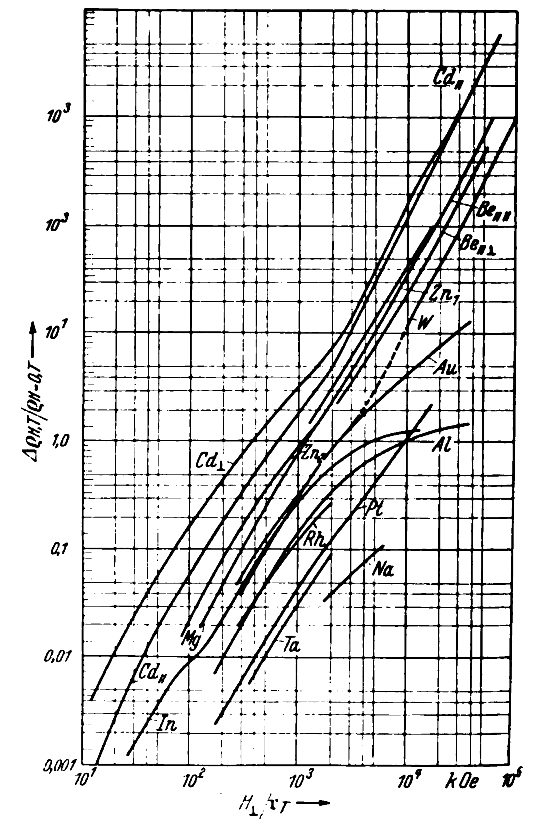


Bild 16. Reduziertes Kohlersches Diagramm der relativen Widerstandszunahme log $\Delta\varrho_H$, $T/\varrho_H = 0$, T als Funktion von log $H_\perp/\mathfrak{r}_T$ für verschiedene Metalle.

stande, viele bisher ungelöste metallkundliche Probleme der Praxis zu erklären; hierauf ebenso wie auf die Nutzanwendungen der galvanomagnetischen Versuchsergebnisse und Typenlehre kann zur Zeit nicht näher eingegangen werden.

3. Die Supraleitfähigkeit der Metalle und Metallverbindungen

Beschäftigten sich die bisherigen Betrachtungen ausschließlich mit dem Zustandekommen des elektrischen Widerstandes der Metalle, so sei zum Schluß noch die umgekehrte Erscheinung des völligen Verschwindens dieses Widerstandes kurz erläutert. Das Phänomen der Supraleitung ist das einzige große Problem der Physik, das trotz jahrzehntelanger intensiver experimenteller und theoretischer Bearbeitung ungelöst geblieben ist; man darf sogar behaupten, daß durch die bisher erfolgte Widerlegung aller Erklärungsversuche und die Häufung von zusätzlichen Beobachtungen über die thermischen, kalorischen, magnetischen und anderen Daten der Supraleiter das Zustandekommen der Supraleitung immer rätselhafter geworden ist und alle einleuchtenden Denkmöglichkeiten erschöpft sind. Die Merkwürdigkeit der Erscheinung liegt weniger darin, daß der Widerstand überhaupt verschwindet — denn dies wird auch für alle normalleitenden reinen spannungsfreien Metalle bei $T = 0\,^\circ$ abs. durch Extrapolation gemessener Widerstandstemperaturkurven erwartet —, als daß er bei einer bestimmten Temperatur fast unstetig aufhört, selbst wenn noch beträchtliche Idealwiderstände und sogar Restwiderstände infolge von Verunreinigung und Verformung vorhanden sind (Bild 17). 1933 gelang es Meißner und Ochsenfeld [24] im Kältelaboratorium der PTR, einen grundsätzlichen Unterschied zwischen dem supraleitenden und dem normalleitenden Zustand des Metalles zu entdecken. Während sich die Permeabilität der Normalleiter von $\mu = 1$ nur wenig unterscheidet, zeigen die reinen einkristallinen Supraleiter den denkbar höchsten, in der Natur sonst nicht bekannten Diamagnetismus ($\chi = -\,^1\!/_4\,\pi$), der der Permeabilität $\mu = 0$ entspricht, so daß in den Supraleiter überhaupt weder elektrische (wegen $\varrho = 0$) noch magnetische (wegen $\mu = 0$) Kraftlinien eindringen können.

Beunruhigen solche Rätsel des supraleitenden Zustandes den theoretisch interessierten Physiker, so haben die Elektroingenieure ihre Aufmerksamkeit mehr den Möglichkeiten und Konsequenzen einer praktischen Ausnutzung der Supraleitung zugewendet. Wenn es gelänge, die Supraleitung technisch anzuwenden, beliebige Energiemengen in Gleichstromform ohne nachweisbare Verluste fortzuleiten und starke Ströme unbegrenzt lange in supraleitenden Kreisen umlaufen zu lassen und sie dadurch zu konservieren, so würde dies wohl eine Umwälzung in der Energiewirtschaft bedeuten. Aber selbst wenn es den Elektrotechnikern gelänge, die Schwierigkeiten der tiefen Temperatur wirtschaftlich zu meistern, so bliebe immer noch die Aufgabe zurück, die sich aus dem Vorhandensein eines die Supraleitung aufhebenden kritischen Magnetfeldes ergibt. Beispielsweise wird die Supraleitfähigkeit von Blei, dem Metall mit der zweithöchsten Sprungpunktstemperatur ($T = 7{,}3\,^\circ$ abs. bei $H = 0$) bei der Heliumsiedetemperatur von $4{,}2\,^\circ$ abs. durch Felder von etwa 400 Oe aufgehoben, und zwar nach einer von Silsbee [25] aufgestellten Regel unabhängig davon, ob man diese Feldstärke von außen her erzeugt, oder ob es sich um das Feld $H = 0{,}2\,\pi\,I/r$ des den Bleidraht durchfließenden Stromes handelt. Wenn man also die Schwierigkeiten der Supraleitung kältetechnisch überwunden hätte und aus wirtschaftlichen Gründen den Supraleiter stark mit Strom belasten wollte, so würde man durch das Magnetfeld des Stromes die Supraleitung vernichten. Etwas günstiger sind in dieser Hinsicht gewisse Bronzen, wie die von de Haas [26] untersuchten Pb-Bi-Legierungen, die bei $1{,}9\,^\circ$ abs. kritische Feldstärken bis zu 26 700 Oe aufweisen; jedoch überschlägt man leicht, daß auch ein solcher Draht keine besonders starken Ströme leiten kann, von den Schwierigkeiten der Kühlung mit flüssigem He ganz abgesehen.

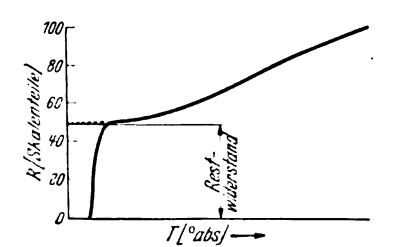
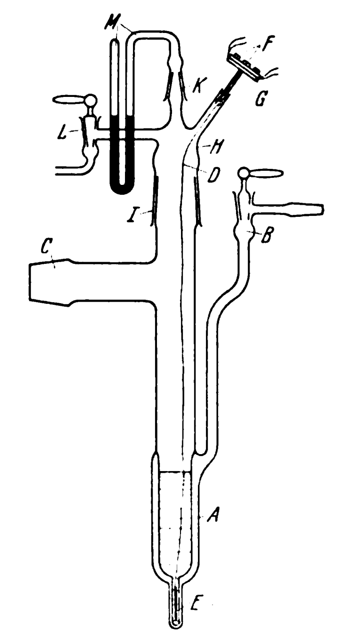


Bild 17. Typischer Widerstandsverlauf eines Supraleiters in Abhängigkeit von der Temperatur.

Anstatt zu versuchen, diese Erscheinungen theoretisch zu begründen, wurde von der seit kurzem gegebenen Möglichkeit Gebrauch gemacht, die bislang an wenige Speziallaboratorien gebundene Erscheinung einem großen Auditorium mit allen Einzelheiten vorzuführen. Als Supraleiter wurde hierzu Niobkarbid benutzt, das 1926 von E. Friederich erstmals hergestellt wurde und auf seine Anregung durch W. Meißner [27] im Kältelaboratorium der PTR untersucht, einen höheren Sprungpunkt zeigte als alle reinen Metalle und sonstigen Metallverbindungen. Die Sprungpunktstemperatur von $10{,}4\,^\circ$ abs. läßt sich sogar ohne Zuhilfenahme von flüssigem Helium mit festem Wasserstoff erreichen, wenn dieser unter einem geringeren Sublimationsdruck als etwa 2 Torr steht. Ein vielfach bewährtes Vorführungsgefäß ist im Schnitt in Bild 18 wiedergegeben. Der versilberte Vakuummantel *A* des Gefäßes aus Jenaer Geräteglas Nr. 20 wird kurz vor dem Versuch durch den Eckhahn *B* frisch ausgepumpt, was insofern wesentlich ist, als das wegen seiner Widerstandsfähigkeit unentbehrliche Hartglas gegen H_2 und He nicht absolut dicht ist. Durch den DIN-Denog-Kernschliff 10/40 *C* wird das Gefäß vakuumdicht mit dem leistungsfähigen Pumpaggregat verbunden, das entweder aus einer Gaede-Leyboldschen-Dampfstrahlpumpe und einer umlaufenden Vorpumpe oder einer zweistufigen umlaufenden Pumpe besteht. Die Strom- und Spannungsdrähte *D* werden an die Enden des verkupferten NbC-Stäbchens *E* angelötet, wie es oben für Wolfram beschrieben ist, und durch zwei mittels vier Schräubchen *F* aneinander gepreßte Gummiplättchen *G* vakuumdicht nach außen geführt. Damit diese Drähte leicht durchgefädelt werden können, ist die Weichglaskappe *H* des Gefäßes durch ein Schliffpaar *I* abnehmbar gemacht. Nach Einstellen eines Belastungsstromes, der das Galvanometer wieder auf + 100 bzw. — 100 Skalenteile ausschlagen läßt, wird durch den Schliff *K* flüssiger H_2 eingefüllt, worauf der Galvanometerausschlag auf nur ± 65 Teilstriche zurückgehend einen entsprechend hohen Restwiderstand anzeigt. Während nun der verdampfende H_2 durch den Eckhahn *L* abströmen kann, wird der Schliff *K* durch ein verkürztes Manometer *M* verschlossen,



A Vakuummantel
B Eckhahn
C Pumpstutzen
D Anschlußdrähte
E Niobkarbidstäbchen
F Schräubchen der vakuumdichten Drahtdurchführung
G Gummiplättchendichtung
H Weichglaskappe
I Schliffpaar
K Schliff zum Einfüllen flüssigen Wasserstoffes
L Eckhahn
M verkürztes Manometer

Bild 18. Schnitt durch das Gefäß zum Vorführen der Supraleitfähigkeit.

dessen Quecksilbersäulen in Schattenprojektion ein weithin sichtbares Dampfdruckthermometer bilden. Darauf wird die Pumpe angestellt und unmittelbar darauf das Ventil L geschlossen, worauf der Sättigungsdruck des siedenden H_2 und damit seine Temperatur rasch sinken. Unterhalb eines Druckes von 54 Torr fällt der Druck etwa 1 min lang nicht weiter, weil die Verdampfungskälte nun benutzt wird, um den flüssigen in festen Wasserstoff umzuwandeln. Hierauf sinkt der Druck über dem nunmehr festen H_2 schnell weiter, und bei einem Druck von etwa 5 Torr, entsprechend $T = 11{,}2\,^\circ$ abs., springt der Galvanometerausschlag plötzlich auf Null, so schnell dies die Schwingungsdauer des Galvanometers erlaubt. Sogar Kommutieren des Meßstromes vermag den Lichtzeiger nicht mehr sichtbar zu bewegen. Schließt man nun die Verbindung zur Pumpe, so steigt der H_2-Druck infolge der Wärmeeinstrahlung wieder an, und bei 5 Torr Dampfdruck tritt unvermittelt der endliche Widerstand wieder auf, und zwar genau mit dem Betrag des temperaturunabhängigen Restwiderstandes, wie er sich schon bei 20 ° abs. zeigte. Nun wird erneut durch Druckerniedrigung die Supraleitung hergestellt, und der Ansatz E des Gefäßes in den Spalt des in Bild 5 gezeigten Magneten hineingeschoben, um das Zerstören der Supraleitfähigkeit durch überkritische Magnetfelder zu zeigen. Schaltet man den Erregungsstrom des Magneten stufenweise ein, so bemerkt man zunächst allenfalls induzierte, rasch zurückgehende Galvanometerausschläge. Erst wenn man eine bestimmte Feldstärke überschreitet, die bei der durch das Pumpaggregat festgelegten tiefsten Endtemperatur über 2000 Oe liegt, tritt ganz plötzlich wieder der ohmsche Widerstand, und zwar mit dem vor Eintritt der Supraleitung beobachteten Wert, auf. Aus der oben erwähnten Silsbeeschen Hypothese [25] über die Gleichwertigkeit des äußeren kritischen Magnetfeldes mit dem Feld des Stromes, die für unreine Stoffe nicht streng gilt, würde folgen, daß ein Belastungsstrom von über 6000 A ($I = H/0{,}2\,\pi\, r$; $r = 0{,}05$ cm) bei der tiefsten, ohne flüssiges Helium erreichbaren Temperatur die Supraleitfähigkeit des NbC schon aufheben würde.

Bei den Vorbereitungen zu diesem Experimentalvortrag gelang es indessen, eine andere Metallverbindung herzustellen, deren Sprungpunkt nicht nur erheblich höher liegt als die bisher veröffentlichten Übergangstemperaturen, sondern die auch einen so hohen magnetischen Schwellwert aufweist, daß der stärkste Magnet des hiesigen Kältelaboratoriums nicht ausreicht, um seine Supraleitfähigkeit aufzuheben. Beim Vorführen beobachtet man, daß der Widerstand beim Erstarrungsdruck des H_2 von 54 Torr fast völlig verschwunden ist; der Widerstandsabfall setzt schon oberhalb von 90 Torr = 15 ° abs. ein, und die Möglichkeit, ohne festen Wasserstoff auszukommen, ermöglicht ein weiteres Vereinfachen der Versuchsanordnung, indem das große Pumpaggregat durch eine kleine Kapselpumpe ersetzt werden kann. Der Versuch zeigt ferner, daß schon dicht unterhalb des Erstarrungspunktes des H_2 die mit dem mittelstarken Magneten (Bild 7) erzeugbaren Felder die Supraleitung scheinbar nicht mehr aufzuheben vermögen.

Durch das Auffinden von Supraleitern mit so hohem Sprungpunkt und magnetischem Schwellwert wird die praktische Ausnutzung der Supraleitfähigkeit erstmals in den Bereich der Möglichkeit gerückt; so wird jetzt untersucht werden, ob es gelingt, durch Dauerströme in solchen Spulen Magnetfelder herzustellen, die wesentlich stärker sind als die mit Elektromagneten von einigen t Gewicht erreichbaren Feldstärken.

Über supraleitende Gleichstromtransformatoren sind in unserem Laboratorium Versuche abgeschlossen worden, die die Folgerungen des Verschwindens der ohmschen Widerstände in einem Spartransformator behandeln. Baut man einen solchen Transformator so auf, daß die Gegeninduktivität M zwischen den beiden Selbstinduktionswerten liegt ($L_1 > M > L_2$), so ergibt die Theorie ein Verhältnis von Primär- zu Sekundärstrom $i_1/i_2 = (L_2 - M)/(L_1 - M)$, das in diesem Falle offenbar negativ wird. Unsere Messungen haben gezeigt, daß tatsächlich der Strom in der größeren Spule entgegengesetzt zum Gesamtstrom, also sozusagen bergauf fließt. Dies ist natürlich nur im supraleitenden Zustand möglich, wo wegen $R = 0$ auch die Energie $i_1^2 \cdot R = 0$ wird, so daß kein Widerspruch zum Energieprinzip entsteht.

Tatsächlich weiß man immer noch nicht, ob der Widerstand der Supraleiter wirklich exakt verschwindet oder nur sehr klein ist; hierzu reichen die gewöhnlichen Widerstandsmeßverfahren nicht aus, und durch Beobachten der zeitlichen Unveränderlichkeit eines starken Dauerstromes hat man lediglich feststellen können, daß der Widerstand der Supraleiter sicher kleiner ist als der 10^{14}. Bruchteil des elektrischen Widerstandes bei Zimmertemperatur. Solche von Graßmann [28] im Kältelaboratorium ausgeführten Messungen haben zum Aufstellen des Widerstandsdiagrammes Bild 19 geführt, aus dem man entnimmt, daß Supraleiter zumindest soviel besser als Elektrolytkupfer leiten, wie dies Metall als der Isolator Marmor. Dieser Leitfähigkeitsunterschied zwischen normal- und supraleitendem Metall läßt sich daher durch die Angabe veranschaulichen, daß man Supraleiter durch Zwischenlagen von Elektrolytkupfer mindestens ebensogut isolieren kann, wie Elektrolytkupferleitungen durch die gewöhnlichen Schalttafel-Isolierstoffe isoliert werden.

An dieser Stelle schrieb vor kurzem W. Meißner [29], daß sich die Supraleitfähigkeit durch Zugrundelegen eines freien Elektronengases auf keinen Fall verstehen läßt; zu ihrer Erklärung müßte sicher das Ionengitter mit herangezogen werden. Diese Aussage stimmt mit unserer oben gewonnenen Erklärung des Zustandekommens des elektrischen Widerstandes der Metalle überein, die kurz dahin gekennzeichnet werden kann, daß die Gesamtheit der Leitungselektronen nicht die völlige Un-

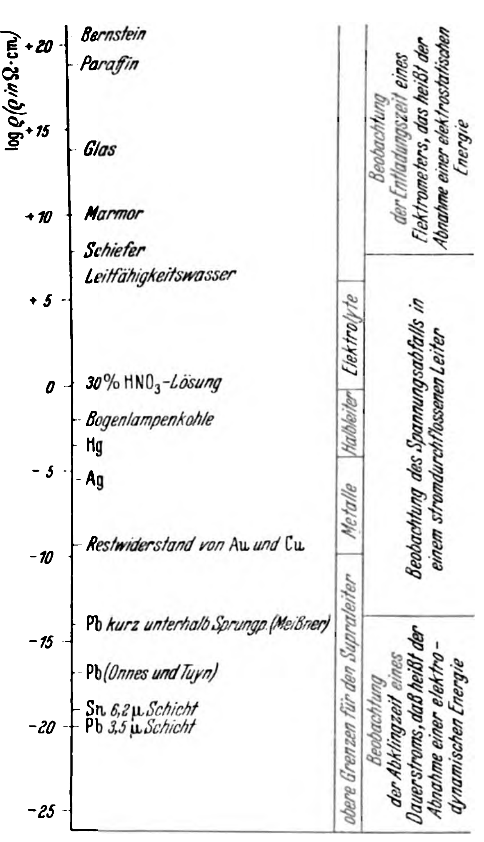


Bild 19. Widerstandsdiagramm mit Einteilung der logarithmischen spezifischen Widerstände von der Supraleitung bis zu Isolatoren nach Graßmann.

ordnung eines Gases besitzt, sondern die halbkristalline Ordnung einer Flüssigkeit[3]).

Zusammenfassung

Eine Erklärung der für die Elektrotechnik grundlegenden Fähigkeit der Metalle, Elektrizität zu erzeugen und fortzuleiten, konnte erst lange nach der Erfindung der Dynamomaschine versucht werden; die erste („klassische") Elektronengastheorie behandelte mathematisch die Gesamtheit der Elektronen, der um die Jahrhundertwende neu entdeckten Elektrizitätsatome, als stoffliches Gas und konnte so das empirische ohmsche und Wiedemann-Franzsche Gesetz ableiten. Die fortschreitende Experimentierkunst, insbesondere die Kältephysik, führte zu Widersprüchen mit der Erfahrung, die zur Neugestaltung der Elektronengastheorie durch Einführung der Fermistatistik nötigte (Sommerfeld 1928); die Leistungen werden dargelegt, und die Prüfbarkeit namentlich durch galvanomagnetische Versuche erläutert. Die galvanomagnetischen Versuche, die in den letzten Jahren im Kältelaboratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt unter Verwendung. stärkster Magnetfelder und tiefster Temperaturen ausgeführt wurden, zeigten, daß der elektische Widerstand entgegen der Erwartung jeder Theorie eines freien, isotropen Elektronengases nicht nur um einige $^1/_{10000}$, sondern auf das 100 000fache erhöht werden kann. Die Erklärung für diese Diskrepanz wurde darin gefunden, daß die Elektronen keinen isotropen Unordnungszustand (Gas = Chaos) darstellen, sondern unter verschiedenartiger Einwirkung des Kristallgitters der Metalle halbkristallin, nach Art einer Flüssigkeit, geordnet sind. Es wird anschaulich demonstriert, wie auch bei den regulären (kubisch kristallisierten) Metallen die elektrische Leitfähigkeit mit den Achsen der Metallkristalle zusammenhängt. Bei der experimentellen Vorführung dieser kristallographischen Anisotropie wird die diese Erscheinung sonst verwischende Wärmeschwingung des Kristallgitters durch tiefe Temperaturen „eingefroren", und die Leitungselektronen werden durch ein zur Stromrichtung senkrechtes starkes Magnetfeld, das um die stabförmige einkristalline Metallprobe schrittweise geschwenkt wird, nacheinander in verschiedene Kristallebenen gelenkt, wobei sich die Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes von der Kristallrichtung zeigt und die Vorstellung der Isotropie des Elektronen-„Gases" widerlegt wird. Man gelangt durch Berücksichtigung der jeweiligen Kristallgitter von der universellen Elektronengastheorie zu einer „Typenlehre" der metallischen Leitung; es besteht ein tiefer Zusammenhang zwischen chemischer Wertigkeit und elektrischer Leitfähigkeit: zwei-, vier- und sechswertige reinste Metalle lassen sich durch stärkste Magnetfelder zu Isolatoren machen, im Gegensatz zu ein-, drei- und fünfwertigen Metallen. Diese Untersuchungen über die Rolle des Kristallgitters für das Zustandekommen der elektrischen Leitfähigkeit werden durch die Versuche von J. Kramer ergänzt, wonach eine Zerstörung der elektrischen Kristallstruktur Metalle zu Isolatoren macht. Im Zusammenhang mit diesen Ausführungen über die normale elektrische Leitfähigkeit wird auch der Stand des Problems der Supraleitfähigkeit kurz dargestellt; die Grundtatsachen können nunmehr einem großen Auditorium experimentell vorgeführt werden.

[3]) Die zusammenfassende Darstellung beruht auf den zahlreichen, im Schrifttumsverzeichnis angeführten Einzeluntersuchungen, die mit dankenswerter Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft ausgeführt werden konnten.

Aus dem Schrifttum

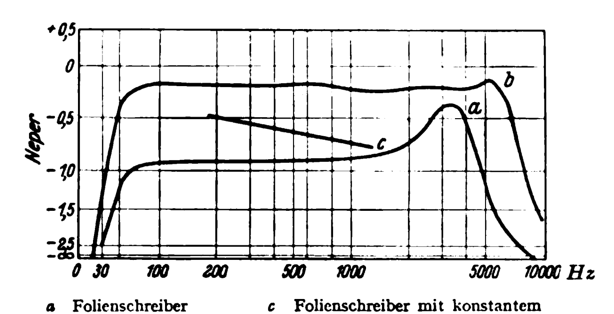
[1] A. Sommerfeld, Z. Phys. 47 (1928) S. 1.
[2] L. Grunmach, Ann. Phys., Lpz. 22 (1907) S. 141.
[3] P. Kapitza, Proc. roy. Soc., Lond. (A) 123 (1929) S. 292.
[4] W. Meißner u. H. Scheffers, Phys. Z. 30 (1929) S. 827.
[5] E. Justi u. H. Scheffers, Phys. Z. 37 (1936) S. 383 u. 475.
[6] E. Justi u. M. Kohler, Ann. Phys., Lpz. 36 (1939) S. 349.
[7] E. Goens, Naturwiss. 17 (1929) S. 180. Z. Phys. 37 (1936) S. 321.
[8] E. Justi u. H. Scheffers, Phys. Z. 37 (1936) S. 700.
[9] E. Justi u. H. Scheffers, Phys. Z. 38 (1937) S. 891.
[10] M. Kohler, Phys. Z. 39 (1938) S. 9.
[11] E. Grüneisen u. E. Goens, Z. Phys. 26 (1924) S. 250; 37 (1926) S. 278.
[12] E. Justi u. H. Scheffers, Phys. Z. 39 (1938) S. 105.
[13] E. Justi u. H. Scheffers, Phys. Z. 39 (1938) S. 591.
[14] E. Justi u. A. Foroud, Phys. Z. 40 (1939) S. 501.
[15] E. Justi u. J. Kramer, Phys. Z. 41 (1940) S. 197.
[16] E. Justi u. J. Kramer, Phys. Z. 41 (1940) S. 113.
[17] E. Justi, J. Kramer u. R. Schulze, Phys. Z. 41 (1940) S. 308.
[18] E. Justi u. J. Kramer, Phys. Z. 41 (1940) S. 105.
[19] E. Justi, Phys. Z. 41 (1940) S. 486.
[20] E. Justi u. H. Scheffers, Metallwirtsch. 17 (1938) S. 1357.
[21] E. Justi, Phys. Z. 41 (1940) S. 563. Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 315.
[22] M. Kohler, Ann. Phys., Lpz. 32 (1938) S. 211.
[23] A. Schulze, Metallwirtsch. 17 (1938) S. 1243.
[24] W. Meißner u. R. Ochsenfeld, Naturwiss. 21 (1933) S. 787.
[25] F. B. Silsbee, J. Washington Acad. Sci. 6 (1916) S. 597.
[26] W. Meißner u. H. Franz, Z. Phys. 65 (1930) S. 30.
[27] E. Justi u. G. Zickner, Phys. Z. 42 (1941). Im Erscheinen.
[28] P. Graßmann, Phys. Z. 37 (1936) S. 569.
[29] W. Meißner, ETZ 60 (1939) S. 333.

Lineare und nichtlineare Verzerrungen beim Schallplattenverfahren

DK 681.85 : 621.3.094.3

Die Physik der Schallaufzeichnungsverfahren auf plattenförmigen Schallträgern hat in letzter Zeit erhöhte Beachtung gefunden; die Vorgänge beim Abspielen wurden in theoretischen Arbeiten untersucht[1]). Die vorliegende Arbeit gibt über die bei der Aufzeichnung und Wiedergabe entstehenden Verzerrungen auf experimenteller Grundlage Auskunft. Um das Verhalten der Schreiber für sich, also unter Ausschalten aller durch Plattenwerkstoff und Schneid- bzw. Abspielvorgang bedingten Einflüsse prüfen zu können, verwendete Guttwein eine Meßanordnung nach Riegger. Hierzu befestigte er am Schreiber gegenüber dem Schneidstichel eine Gegenelektrode. Der hierdurch gebildete Kondensator liegt parallel zur Schwingkreiskapazität eines Kreises, der von einem HF-Generator gespeist wird. Die Wellenlänge des HF-Generators wird derart gewählt, daß man auf halber Flankenhöhe des Schwingkreises arbeitet. Wenn nun der Stichel des Schreibers erregt wird, dann wandert der Arbeitspunkt durch die Änderung der wirksamen Schwingkreiskapazität auf der Resonanzkurve hin und her und bewirkt damit eine Modulation der Hochfrequenz. An einem nachgeschalteten Gleichrichter kann daher eine der Stichelauslenkung proportionale Spannung abgenommen werden. Die mit dieser Einrichtung erhaltenen Frequenzgänge üblicher Schallfolien- und Wachsschneider zeigt Bild 1. Neuere Wachsschreiber gestatten eine weitgehend geradlinige Aufzeichnung, während die untersuchten Folienschneider bei etwa 3500 Hz eine ziemlich ausgeprägte Resonanz zeigen.

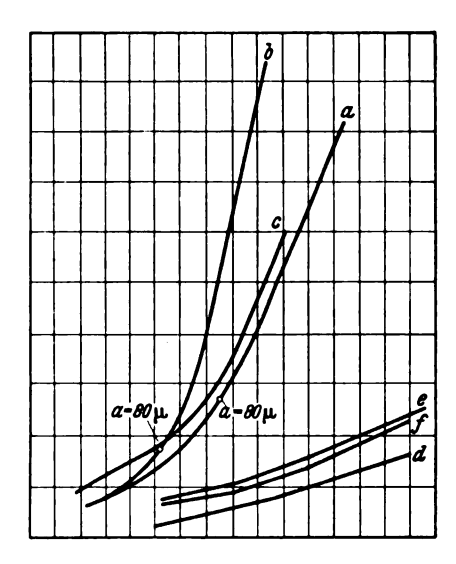
Nichtlineare Verzerrungen von Schneideinrichtungen können folgende Ursachen haben: Da die schwingende Zunge des Schreibers in Hinblick auf genügende Empfindlichkeit und Höhe der Eigenfrequenz klein gehalten werden muß, können magnetische Verzerrungen auftreten. Eine weitere Bedingung für lineares Arbeiten ist, daß die Ankerauslenkungen klein gegenüber der Luftspaltgröße bleiben, da sonst der Fluß in den



a Folienschreiber *c* Folienschreiber mit konstantem Strom
b Wachsschreiber

Bild 1. Frequenzgänge von Schreibern.

[1]) G. Guttwein, Akust. Z. 5 (1940) S. 330; 19 S., 21 B.



a Folienschreiber bei 250 Hz *c* Folienschreiber mit Hilfsspannung
b Wachsschneider bei 250 Hz *d* Verstärkerausgang
e und *f* wie *a* und *b* bei 800 Hz

Bild 2. Nichtlineare Verzerrungen von Schallplattenschreibern.

beiden Luftspalten ungleich ist. Auch zur Klärung dieser Fragen wurde die beschriebene Meßeinrichtung benutzt, wobei zuvor untersucht wurde, wieweit diese selbst Verzerrungen ergibt. Guttwein fand, daß die Einrichtung zwar hohe (10%) quadratische, aber nur geringfügige (0,75) kubische Verzerrungen liefert. Da die am Schneider auftretenden Verzerrungen im wesentlichen kubischer Natur sind, kann das Meßverfahren also verwendet werden. Die erhaltenen Meßergebnisse sind in Bild 2 dargestellt. Die Punkte maximaler Auslenkung sind eingetragen. Zur Klärung, ob die derart festgestellten Verzerrungen in der Hauptsache durch zu engen Luftspalt oder aber durch Übersteuerung des Ankereisens bedingt werden, wurde der Anker eines Schreibers mit Preßspanstückchen festgeklemmt und über den Stichel eine Hilfsspule geschoben. Die Untersuchung der in der Hilfsspule induzierten Spannung ergab, daß bereits der Fluß im Anker verzerrt ist. Durch Vergleich der mit der Einrichtung nach Riegger erhaltenen Frequenzkurven mit Messungen auf verschiedenen Plattenwerkstoffen ergab sich, daß diese auf die Güte der Aufzeichnungen nur geringen Einfluß haben und dieser sich auf das Gebiet in der Nähe der Resonanzfrequenz beschränkt.

Weiter wurde der Einfluß des Schneidradius auf die Schnelle festgestellt. Hierbei ergab sich, daß zum Aufzeichnen einer Schnelle von 13 cm/s bei 5 cm Radius etwa 5 mW, bei 15 cm Radius hingegen nur 1,7 mW Leistung erforderlich sind. Die vom Tonabnehmer gelieferte Spannung ist geschwindigkeitsproportional. Der Tonabnehmer wirkt also mathematisch wie ein Differentialsystem. Die rechnerische Berücksichtigung dieses Verhaltens ergibt, daß bei Vorhandensein eines solchen Gliedes die Amplitude auftretender Kombinationstöne auch vom Frequenzverhältnis der beiden erzeugenden Schwingungen abhängt. Wenn man beispielsweise zwei Schwingungen von 1800 und 2000 Hz, die auf einen Verstärker gegeben 5% Kombinationstöne ergeben, d. h. bei denen der Differenz- (200 Hz) und der Summationston (2800 Hz) $^{5}/_{100}$ der Amplitude des 2000 Hz-Tones erreichen soll, auf ein Glied mit geschwindigkeitsproportionaler Ausgangsspannung gibt, dann beträgt der Differenzton nur $^{5}/_{1000}$ der Amplitude des 2000 Hz-Tones, während der Summationston 9,5/100 dieses Wertes erreicht. Also ergibt sich, daß bei der Schallplattenwiedergabe von frequenzmäßig benachbarten Teiltönen nur schwache Differenz-, jedoch entsprechend stärkere Summationstöne entstehen. Dadurch wird verständlich, daß das Klangbild schriller wird, während Differenztöne kaum störend auftreten.

Der mechanische Aufbau der untersuchten magnetischen und dynamischen Tonabnehmer ließ erwarten, daß die für den Schreiber wesentlichen Verzerrungsursachen ohne Bedeutung bleiben. Eine Übersteuerung des Ankers der magnetischen Ausführung ist wegen der geringen Spulenströme unmöglich und auch das Verhältnis der Stichelamplituden zum Luftspalt läßt sich ohne Schwierigkeit günstig gestalten. Auch die durch Schrägstellen der Schwingungsebene des Abnehmers gegen den Abspielradius entstehenden Verzerrungen bleiben beim Anwenden geeigneter Tonarmkonstruktionen klein. Hierbei ist interessant, daß nach Guttwein diese Verzerrungen bei Schwarzplatten höher als bei Folien sind. Er führt hierfür als Erklärung an, daß sich die weiche Folie beim Abtasten in Richtung der Schwingungsebene verformt, so daß die abgetastete Schwingung mehr dem Original ähnelt, als das bei den starren Schwarzplatten der Fall ist.

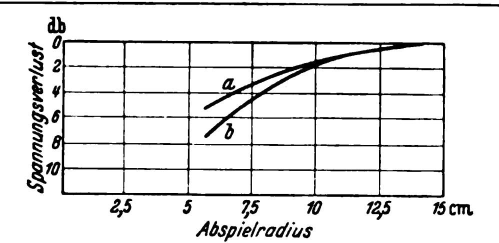


Bild 3. Spannungsverlust beim Abspielen einer Schwarzplatte (7000 Hz, 8 cm/s).

Schließlich bleibt noch zu prüfen, ob die Abtastnadel den aufgezeichneten Schwingungen formgetreu zu folgen vermag. Durch das dreieckige Profil des Schneidstichels bedingt wird die Tonspur an den Stellen größter Geschwindigkeit so eng, daß die kreisförmige Abtastnadel unter Umständen klemmt. Eine weitere Verzerrungsursache besteht in der Verformung der Tonspur durch die abtastende Nadel. Die auf die Wellenberge wirkenden Deformationskräfte bewirken zugleich auch ein Verringern der abgetasteten Amplitude. Guttwein führt eine überschlägige Rechnung unter der Annahme durch, daß sowohl Plattenwerkstoff als auch Nadel aus Stahl bestehen sollen. Diese ergab, daß bereits bei Kräften von 50 g Verformungen auftreten, die größenordnungsmäßig gleich den bei hohen Frequenzen auftretenden Minimalauslenkungen sind. Die Verhältnisse beim Abspielen von Schwarzplatten zeigt Bild 3. Da bei der Aufnahme der beiden eingetragenen Kurven alle Bedingungen mit Ausnahme der Belastung konstant gehalten wurden, ergibt sich, daß beim höheren Abtastdruck eine größere Deformation stattfand. Bei Folien treten wegen der größeren Weichheit beträchtlich stärkere Deformationen ein. Allgemein ergibt sich, daß der Abfall der Abtastspannung als Maß für die auftretende Deformation um so größer wird, je geringer der Schneidwiderstand des Plattenwerkstoffes ist. Ebenso steigt die Deformation und damit der Spannungsverlust auch mit der Frequenz an. So ergibt sich bei einem Schneidradius von 7,5 cm und einem v von 8 cm/s bei 5000 Hz ein Spannungsverlust von 4 db gegenüber der Spannung bei 500 Hz. Für Schwarzplatten liegen die Verhältnisse, wie zu erwarten ist, günstiger (2 db).

Weiterhin nahm Guttwein ausgedehnte Untersuchungen über die beim Abspielvorgang auftretenden nichtlinearen Verzerrungen vor. Hierbei ergab sich, daß diese von der Frequenz abhängig sind und bei hohen Frequenzen beträchtliche Werte annehmen können; bei 10 cm Schneidradius, $v = 8$ cm/s und 5000 Hz betrugen sie 16%, bei 5 cm Schneidradius sogar 40%. Daß trotzdem das subjektive Klangbild von mit gleichartigen Einrichtungen aufgenommenen Musik- und Sprachplatten recht gut ist, hängt damit zusammen, daß die starken Verklirrungen erst bei hohen Frequenzen auftreten, während für den gehörmäßigen Eindruck die mittleren Frequenzen maßgebend sind. Außerdem wirkt sich die differenzierende Wirkung des Tonabnehmers günstig aus, da die niederen Kombinationstöne stark geschwächt werden. Die höheren kommen trotz ihres größeren Betrages nicht zur Wirkung, da der übliche Übertragungskanal entsprechend begrenzt ist. Abschließend wurde ein Vergleich der nichtlinearen Verzerrungen für Seiten und Tiefenschrift durchgeführt, der eine Überlegenheit der Seitenschrift ergab. *Ege.*

RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.317.333.4

Neues Verfahren zur Fehlerortbestimmung an Starkstromkabeln. [Nach H. Numakura u. R. Tukamoto, Electrotechn. J., Tokio 4 (1940) S. 55; 3 S., 4 B.]

Bei der Suche nach dem Fehlerort an Starkstromkabeln stellten die Verfasser fest, daß der Widerstand der Fehlerstelle elektrolytischen Charakter aufwies, wenn durch ein Loch im Kabelmantel Salzwasser eingedrungen war. In solchen Fällen konnte wegen der elektrolytischen Polarisation der Fehlerort nicht mit Gleichspannung ausgemessen werden. Auf die Vorschläge von Widl[1]) aufbauend wurde daher die in Bild 1 wiedergegebene Wechselstrommeßbrücke erprobt. Im Gegensatz zu dem von Widl angegebenen Brückenverfahren wird zur Induktivitätsmessung das zu prüfende Kabel Z_3 mit einem festen Glimmerkondensator $C_3 = 1\,\mu F$ in Reihe geschaltet. Ferner überbrückten die Verfasser das jenseits der Fehlerstelle liegende Kabelstück durch einen Wirkwiderstand vom Betrage des Kabelwellenwiderstandes Z_0; dadurch ergaben sich einfachere Beziehungen für die Berechnung des Fehlerortes. Die Meßbrücke wird aus einem Tonfrequenzgenerator Q mit einer Wechselspannung von 1000 Hz über den mit Abschirmungen ausgerüsteten Transformator T_1 gespeist. Die Wirkwiderstände R_1 und R_2 haben je einen Betrag von 5000 Ω. C_4 ist ein regelbarer Glimmerkondensator von 1,11 µF. Zunächst wird die Brücke bei geschlossenem Schalter S abgeglichen und danach werden die Werte C_4' und R_4' abgelesen. Wird nun der Schalter S geöffnet, so erhält man das Brückengleichgewicht bei den Werten C_4'' und R_4''. Den gesuchten Widerstand und die Induktivität liefern die beiden folgenden Gleichungen:

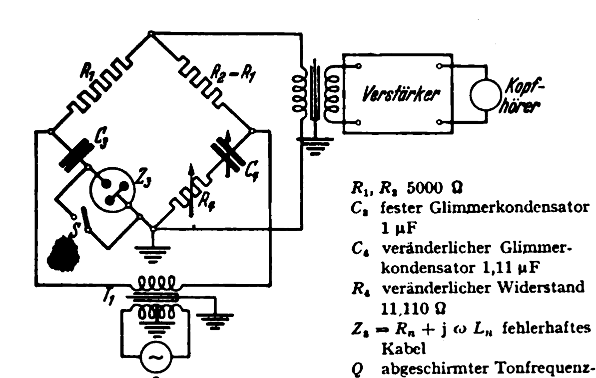


Bild 1. Wechselstrommeßbrücke zum Bestimmen des Fehlerortes an Kabeln.

$$R_n = R_4'' - R_4', \qquad (1) \qquad\qquad L_n = \frac{C_4'' - C_4'}{\omega^2\, C_4'\, C_4''}. \qquad (2)$$

Mit diesen Meßwerten und den bekannten kilometrischen Werten der Kabelinduktivität L und des Kabelwiderstandes R kann die Entfernung x des Fehlerortes von der Meßstelle wie folgt berechnet werden:

$$x = \frac{L_n}{L}\,\frac{1}{1 - (R_n/Z_0)^2}. \qquad (3)$$

Bei einem fehlerfreien Kabel wird die Induktivitätsmessung bei kurzgeschlossenem Kabelende durchgeführt. Im Falle einer vollständigen oder angenäherten Unterbrechung des Kabels verwenden die Verfasser das von Widl beschriebene Meßverfahren zum Bestimmen des kapazitiven Scheinwiderstandes. Praktische Messungen an einer schadhaften Kabelstrecke zeigten, daß der Fehler in der Angabe des Fehlerortes unter 1% liegt. *Rsk.*

[1]) E. Widl, Wechselstromverfahren zur Bestimmung des Fehlerortes an Starkstromkabeln. Arch. Elektrotechn. 32 (1938) S. 28.

DK 621.316.57.064.22 : 621.316.925.45

Zur Verbesserung der Energielieferung in Überlandnetzen: Das selbsttätige Wiedereinschalten der Leitungen. [Nach A. Roth, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 413; 3½ S., 7 B.]

In der Veröffentlichung wird auf die Verwendungsmöglichkeit von Wiedereinschaltvorrichtungen für ländliche Netze in der Schweiz, die naturgemäß aus Freileitungen bestehen, hingewiesen und auf die besonderen Umstände eingegangen, die eine derartige Maßnahme gerechtfertigt erscheinen lassen. Aus wirtschaftlichen Gründen, die weniger in den Anschaffungskosten als in den Ausgaben für die Bedienung von Leistungsschaltern zu suchen sind, kann die Unterteilung der Netze durch Leistungsschalter nicht in dem gewünschten Maß durchgeführt werden. Durch die Einführung von Wiedereinschaltvorrichtungen können die Bedienungskosten eingespart werden. Ferner besteht die Möglichkeit, ein Netz durch eine größere Anzahl Schalter in kleinere Abschnitte zu unterteilen und somit den Wirkungsbereich einer Störung auf ein kleineres Gebiet zu beschränken.

Die Schalter mit Wiedereinschaltvorrichtungen sind mit denselben Überstromauslösern ausgerüstet wie die anderen Schalter des Netzes. Die Wiedereinschaltung kann ein zweites Mal erfolgen, sofern beim erstenmal die Störung während der spannungsfreien Pausenzeit nicht verschwunden ist. Die spannungsfreie Pause ist einstellbar und kann bei der zweiten Wiedereinschaltung größer gewählt werden als bei der ersten, damit auch Fehler durch in die Leitung gefallene Äste oder in die Leitung geflogene Vögel bereinigt werden. Bei Fehlern mit nicht vorübergehender Ursache wird der Schalter gesperrt. Die spannungsfreie Pausenzeit soll, um eine möglichst ununterbrochene Stromversorgung sicherzustellen, so klein wie möglich sein, wie das bei den neuzeitlichen Kurzschlußfortschalteinrichtungen, die auch in bedienten Stationen vorgesehen werden, der Fall ist. Nach Angabe des Verfassers soll nach den bisherigen Erfahrungen die kleinste spannungsfreie Pausenzeit 0,3 s betragen. Längere spannungsfreie Pausenzeiten, bei denen Motoren zum Stillstand kommen, müssen so groß gewählt werden, damit dem Bedienungspersonal Gelegenheit gegeben ist, die Motoren ordnungsgemäß abzuschalten, um unzulässig hohe Stromstöße beim Wiedererscheinen der Spannung durch das Anlaufen der Motoren zu vermeiden.

Die Wiedereinschaltvorrichtung kann entweder elektrisch durch einen Motor oder mechanisch durch einen Gewichtsantrieb erfolgen. Beim elektrischen Antrieb wird ein Zeitwerk vorgesehen, das

1. die Wiedereinschaltung befiehlt,
2. bei Dauerkurzschluß ihre Zahl begrenzt und
3. bei vorübergehender Störung die Ausgangslage wiederherstellt.

Beim Gewichtsantrieb wird ebenfalls durch ein Zeitwerk der Befehl zum Wiedereinschalten gegeben und die Zahl der Schaltungen, die von 1 bis 4 gewählt werden kann, und die Dauer der spannungsfreien Pausenzeit bestimmt. Das Zeitwerk wird durch eine Feder betrieben, welche durch die Ausschaltbewegung des Schalters gespannt wird. Sein Ablauf wird durch eine Wirbelstrombremse geregelt. Die Sperrung wird durch einen am Gehäuse angebrachten Griff aufgehoben. Derselbe Griff erlaubt ebenfalls die willkürliche Ein- und Ausschaltung und die Außerbetriebsetzung der Wiedereinschaltvorrichtung.

An Beispielen wird die Anwendung und Wirksamkeit der selbsttätigen Wiedereinschaltung erläutert. Ein 8 kV-Strahlennetz, welches verschiedene Dörfer und Weiler speist, hat nur an der Einspeisestelle einen Ölschalter. Störungen betreffen also das ganze Versorgungsgebiet. Eine erste Abhilfe ist schon durch den Einbau einer selbsttätigen Wiedereinschaltvorrichtung an der Einspeisung gegeben, die bei vorübergehenden Fehlern die Stromlieferung wieder herstellt. Wie eine statistische Untersuchung gezeigt hat, sind zwei Stichleitungen, die von der Hauptleitung abzweigen, besonders störanfällig, weil die eine ein von Gewittern bevorzugtes Tälchen durchzieht und die andere durch einen Wald geführt ist, wo häufig Äste herunterfallen. Durch Einbau von Schaltern mit selbsttätiger Wiedereinschaltvorrichtung an den Abzweigepunkten läßt sich hier eine weitere Verbesserung erzielen. Ein weiteres Beispiel behandelt ein städtisches vermaschtes Kabelnetz, an dem an

dem äußeren Kabelring Freileitungsstrahlennetze zur Versorgung der ländlichen Umgebung angeschlossen sind. Durch Schalter mit selbsttätiger Wiedereinschaltung an den Abzweigstellen werden die Störungen auf den Freileitungen örtlich und zeitlich begrenzt, und die am Kabelnetz angeschlossenen Abnehmer leiden nicht mehr unter den Störungen im Freileitungsnetz. *Fr. Sch.*

Verkehrstechnik

DK 625.23

Heizung und Lichtstromversorgung der Reichsbahn-Personenwagen in Leichtbauart. [Nach H. Baur, Org. Fortschr. Eisenbahnw. 95 (1940) S. 297; 12 S., 20 B.]

Für künftige Lieferungen von Reichsbahn-Personenwagen wurden Neuentwürfe in Leichtbauart aufgestellt und Probebauten ausgeführt. Das Gesamtgewicht konnte bei D-Zugwagen von 40 auf 28 t um 30%, bei vierachsigen Durchgangwagen für Eil- und Personenzüge von 35,5 auf 25,5 t um 28% gesenkt werden. Das Streben nach Gewichtssenkung durfte sich nicht nur auf die Wagenkonstruktion im engeren Sinne, also Wagenkasten, Innenausstattung und Drehgestelle erstrecken, sondern mußte ebenso die Ausrüstungsgruppen, wie Bremse, Heizung und Beleuchtung umfassen. Neben der Gewichtsersparnis wurden auch eine Reihe technischer Verbesserungen vorgesehen.

Als Dampfheizung wird die bewährte Niederdruckumlaufheizung vorgesehen, gekennzeichnet durch Ausnutzung der gesamten Verdampfungswärme des Heizdampfes bei nur etwa 1/10 atü Druck im Heiznetz, mit nur einem Dampfeinlaßregler für die Dampfzufuhrreglung zum Gesamtheiznetz und einer Vorrichtung zur Kondensatabfuhr. Die Dampfheizung erhält selbsttätige Regelung für die Abteile mit Ausnahme der vierachsigen Durchgangswagen dritter Klasse, deren Heizeinrichtung von Hand geregelt wird. Die selbsttätige Heizregelung arbeitet elektrisch und ist an die Lichtanlage angeschlossen. Jedes Abteil besitzt seinen Heizregler (Thermostat), der ein elektromagnetisches Ventil vor der Abteilheizschlange auf Abschluß steuert, sobald die gewollte Temperatur am Regler erreicht wird. Die drei Regeltemperaturen 17, 20 oder 23° können vom Fahrgast wahlweise eingestellt werden. Die Ringleitung an der Abteilfensterwand zur Heizdampfverteilung auf die Heizschlangen der einzelnen Abteile darf jedoch von der Heizdampfzufuhr nicht abgesperrt werden, weil sie stets liefer-bereit für die Abteilheizschlangen sein muß. In den Übergangsjahreszeiten würde somit die Gefahr einer Überheizung der Abteile durch die Ringleitung bestehen. Deshalb ist ein weiterer Regler in die Abteilfensterwand eingebaut, der die Dampfzufuhr zum gesamten Heiznetz herabsetzt, sobald das Bekleidungsblech der Abteilfensterwand und damit der genannte Wärmeregler eine Temperatur von + 12° angenommen hat, sei es durch Anstieg der Außenlufttemperatur oder durch Sonnenbestrahlung. Der Wärmeregler steuert dann ein Magnetventil in einem Kurzschluß zwischen der Zudampf- und Rückdampfleitung des Dampfeinlaßreglers auf Öffnung. Dadurch wird dessen Aluminiumfühlrohr für die Rückdampftemperatur stärker erwärmt, dehnt sich mehr aus und stellt den Einlaßregler auf kleinere Dampfzufuhr ein. Nachdem bereits vor einigen Jahren die Wandstärke der Heizrohre von 3 auf 1,5 mm verringert worden war, gelang es nunmehr, durch Leichtflansche, Leichtmetall-Panzerrohre für die Kabel der selbsttätigen elektrischen Heizregelung u. a., das Gewicht weiterhin um 10% zu senken. Versuchsweise wurden einige Wagen mit einer vollkommen in Leichtmetall ausgeführten Dampfheizung ausgerüstet, die eine Gewichtsersparnis von 43% brachte. Mit der Leichtmetallbauart sollen jedoch erst ausreichende Betriebserfahrungen gesammelt werden, ehe sie in größerem Umfange eingebaut wird. Es ist geplant, einen Teil der vierachsigen Durchgangswagen mit der in der Ostmark bisher ausschließlich verwendeten Niederdruckdampfheizung auszurüsten, um mit ihr in ihrer neuesten Form auch im Reichsbahnbetrieb Betriebserfahrungen zu sammeln.

Ein großer Teil der künftig zu bauenden Wagen wird wie bisher mit elektrischer Widerstandsheizung ausgerüstet, um auf den Fernstrecken mit elektrischem Oberleitungsbetrieb eingesetzt werden zu können. In den Wagen mit selbsttätiger Heizregelung dienen die Abteilheizregler sowohl der Dampf- wie der elektrischen Heizung. Zur Gewichtsersparnis werden Phase, Betriebserdleitung und Schutzerdleitung jedes elektrischen Ofens in einem einzigen Panzerrohr verlegt, früher in zwei Rohren. Die Gerätekästen mit Hauptschalter und -sicherung, Schützen, die hier von den Abteilheizreglern gesteuert werden, und Sicherungen für die Heizstromkreise der einzelnen Wagenräume wurden früher aus Gußeisen, dann aus Leichtmetall hergestellt; künftig werden sie, wie auch Abzweigkastendeckel, Stellhebelgehäuse der handgeregelten Wagen u. a. aus stoßfestem, wetterbeständigem Preßstoff gefertigt. Das Gewicht der elektrischen Öfen wurde durch Stahlleichtbau, nämlich geringere Blechstärke mit Einprägungen sowohl für Gehäuse als auch Heizscheiden, um rd. 50% vermindert. Diese Maßnahmen ergaben insgesamt eine Gewichtssenkung von 35%. Die obengenannten Versuchswagen erhielten auch elektrische Heizung in Leichtmetallbauart; sie wiegt 59% weniger als die elektrische Heizausrüstung der vergangenen Jahre, wird jedoch aus demselben Grunde wie die Leichtmetall-Dampfheizung vorerst nicht eingeführt.

Die elektrische Beleuchtung der Leichtbauwagen erfährt eine Reihe technischer Verbesserungen. Schon seit einigen Jahren werden für die Beleuchtung im Stillstand neue Wagen mit Akkumulatoren der weniger empfindlichen Nickel-Kadmium-Bauart an Stelle der früher üblichen Bleisammler ausgestattet. Um vorerst einheitliche Sammlerkästen beibehalten zu können, wurden nur 18 Nicad-Zellen vorgesehen, deren Raumbedarf den von 12 Bleisammlern nicht überstieg. Außerdem konnte die Einheitsausführung der Lichtmaschinen- und Lichtnetz-Spannungsregler für beide Sammlerarten beibehalten werden. Der steilere Abfall der Entladekennlinie von Nicadsammlern gegenüber Bleisammlern brachte es mit sich, daß die Spannung der neuen Sammler, die ja je nach dem Fahrplan des Zuges mehr oder weniger hoch aufgeladen sind, oft um 1 bis 3 V unter der Nennspannung von 24 V lag. Die Lichtstärke vermindert sich aber mit der dritten bis vierten Potenz der Spannung; deshalb wird die Zellenzahl der Nicadsammler auf 21 erhöht. Dies bedingt nicht nur eine Änderung des Maschinenspannungsreglers für eine Ladehöchstspannung von 35 V gegenüber 30,5 V bei 12zelligen Bleisammlern, sondern auch des Lichtnetzreglers; dieser muß nunmehr nicht nur der höheren Ladespannung genügen, sondern auch im Stillstand des Wagens den Überschuß der Anfangsspannung des voll geladenen 21-Zellensammlers über die Lampennennspannung vernichten. Der erforderliche weite Regelbereich wird durch Reihen-Parallelschaltung der Kohleplättchen-Widerstandssäulen des Reglers beherrscht. Vor die Spannungsspule des Maschinenselbstschalters, der die Lichtmaschine auf das Netz schaltet, sobald ihre Spannung die des Sammlers übersteigt, ist eine Sperrzelle gesetzt; sie erzwingt einen genügend hohen Überschuß der Maschinen- über die Sammlerspannung, bevor der Maschinenselbstschalter vom Sammler auf die Maschine umschaltet. Kurzzeitig wiederholtes Umschalten, wie es bei angenähert voll geladenem Sammler vorkommen kann, wird dadurch vermieden. Die Lichtschalttafel wird klappbar ausgeführt, um bei Störungen schnell und bequem an die Kabelanschlüsse herankommen zu können. Statt der Verteilungssicherungen der einzelnen Stromkreise werden Kleinselbstschalter verwendet. Sämtliche Merklampen für die Lichtmaschine, die selbsttätige Regelung der Dampfheizung und der elektrischen Heizung finden mit entsprechenden Leuchtschriftschildern auf der Schalttafel Platz. Trotz der vielen Verbesserungen wiegt die Stromversorgungsanlage der neuen Wagen dank zahlreicher Leichtbaumaßnahmen noch um ein geringes weniger als die der bisherigen Fahrzeuge. Die Versuchswagen erhielten Schnelläufer-Lichtmaschinen, die rd. 40% Gewichtsersparnis gegenüber der Normalbauart brachten. Damit ist auch hier die Entwicklung zum Leichtbau eingeleitet, jedoch sollen erst Betriebserfahrungen mit diesen Leichtmaschinen gesammelt werden, bevor sie in größerer Zahl verwendet werden. *eb.*

AUS LETZTER ZEIT

Fachnormenausschuß „Lichttechnik" gegründet. — Der Deutsche Normenausschuß hat auf Anregung der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft (DLTG) im NS.-Bund Deutscher Technik einen Fachnormenausschuß „Lichttechnik" gegründet, in dem die zuständigen Stellen sämtlich vertreten sind. Die fachliche Arbeit wird damit beginnen, die heute im ganzen Normenwerk verstreuten Unterlagen systematisch zu ordnen, einander anzugleichen und bestehende Lücken auszufüllen. Außerdem wird sofort mit einer Begriffsnormung begonnen werden, um die von der DLTG eingeleiteten Arbeiten zur Schaffung einer einheitlichen Sprache der Lichttechnik durchzuführen.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker (Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 181000
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84

Elektrische Anlagen in der Landwirtschaft

Der Ausschuß für elektrische Anlagen in der Landwirtschaft hatte einen Entwurf zu VDE 0131 „Leitsätze für die Errichtung elektrischer Koppelzäune" in ETZ 61 (1940) Heft 34 veröffentlicht. Die eingegangenen Anregungen und Änderungsvorschläge wurden von dem Ausschuß ordnungsmäßig behandelt und führten zu einer geänderten Fassung

VDE 0131 „Leitsätze für elektrische Weidezäune",

deren Wortlaut vom Vorsitzenden des VDE im August 1941 genehmigt wurde und zum 1. September 1941 in Kraft tritt.

Sonderdrucke mit der Bezeichnung

VDE 0131/VIII. 41 „Leitsätze für elektrische Weidezäune"

sind bei der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, zum Preise von 0,10 RM erhältlich.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer:
Viefhaus

AEF

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen

Berlin-Charlottenburg 9, Akazienallee 32

(Fortsetzung von S. 735)

Noch nicht endgültig

Aufg. 48. Vorzeichenregeln für die Elektrotechnik [1])

Vorbemerkung: Hier wird an einigen herkömmlichen und allgemein gebräuchlichen Festsetzungen festgehalten: Die Ladung des Elektrons gilt als negativ, die positive Richtung des Stromes ist daher der Bewegung der Elektronen entgegengerichtet. Die elektrische Feldstärke hat die Richtung, in der das Feld einen positiv geladenen kleinen Körper zu verschieben sucht. Die magnetische Feldstärke des Erdfeldes hat ungefähr die Richtung vom Süden nach Norden. Linienintegrale (Spannungen) erhalten das positive Vorzeichen, wenn der Integrationsweg im Sinn der Feldstärke durchlaufen wird.

Die folgenden Aussagen gelten für die Momentanwerte, nicht für die effektiven Werte der wechselnden Größen, wo nicht ausdrücklich das Gegenteil angegeben wird.

A. Schaltplan mit Pfeilen unentbehrlich

In keinem Fall hat ein Vorzeichen von sich aus eine physikalische Bedeutung, sondern diese muß ihm erst willkürlich beigelegt werden. Bei elektromagnetischen Untersuchungen erhalten die Vorzeichen in einer Gleichung und die Pfeile in einem Zeigerdiagramm eine bestimmte Bedeutung erst durch einen Schaltplan, in den mit Buchstaben versehene Pfeile eingezeichnet sind. Der Schaltplan darf nur in solchen Fällen wegbleiben, in denen über die Bedeutung der Vorzeichen Verabredungen bestehen. Sonst kann eine Aussage über die Vorzeichen ebensowohl richtig wie falsch sein. Bei reinem Wechselstrom (d. h. ohne Gleichstromkomponente) genügt es anzugeben, was es bedeuten soll, wenn zwei zugleich auftretende Größen (z. B. Strom und Spannung) dasselbe Vorzeichen haben (gleichgültig, ob das positive oder das negative). Oft ist es aber bequem, über das Notwendige hinauszugehen und für jede Größe einen positiven Richtungssinn willkürlich festzusetzen. Diese willkürlich in den Schaltplan eingezeichneten Pfeile pflegt man „Zählpfeile" zu nennen.

B. Zuordnungen bei Größenpaaren

Für die Zuordnung der Vorzeichen kommen vier Größenpaare in Betracht.

1. Strom und Ladung. Ströme, die einem elektrisch geladenen Leiter zufließen (Bild 1), kann man als Ladeströme bezeichnen, die von ihm wegfließenden (Bild 2) als Entladeströme.

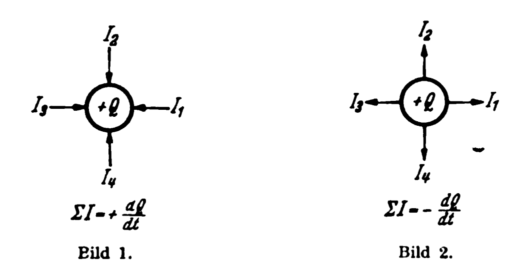


Bild 1. Bild 2.

Es empfiehlt sich nicht, den Ladeströmen ein für allemal ein bestimmtes Vorzeichen zuzuweisen. Bei einem Kondensator rechnet man im Gegenteil die Ladeströme der einen Elektrode und die Entladeströme der andern als positiv. Ein Schaltplan mit Pfeilen ist daher im allgemeinen unentbehrlich.

2. Strom und Spannung. In dem einen von zwei parallelen Drähten fließe ein Strom hin, in dem andern zurück (Bild 3 und 4). Die Spannung ist quer zur Stromrichtung von einem Leiter zum andern positiv zu rechnen.

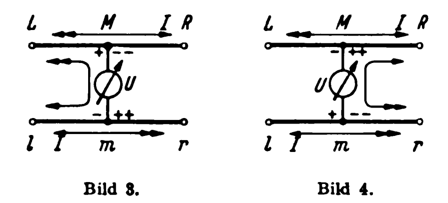


Bild 3. Bild 4.

Verbinden die beiden Drähte zwei Stellen A und B, so ist es oft so, daß etwa A stets die Sendestelle, B die Empfangsstelle ist. Aber bei manchen Anlagen ist bald A, bald B die Sendestelle. Zuweilen kann es auch unbekannt sein, welche von beiden Stellen sendet. Es ist daher nicht möglich, ein für allemal festzusetzen, was gleiche Vorzeichen für Strom und Spannung bedeuten sollen. Ein Schaltplan mit Pfeilen ist auch hier im allgemeinen unentbehrlich.

Für besondere Fälle lassen sich Vereinbarungen treffen. Bei einem Stromerzeuger ist es üblich, die Spannung von der Austrittsklemme durch die Luft zur Eintrittsklemme des Stromes positiv zu rechnen, bei einem Stromverbraucher umgekehrt. Dann erhält man bei Gleichstrom keine negativen Zahlenwerte. Doch würde diese Festsetzung etwa bei einer Pufferbatterie oder Puffermaschine schwankende Vorzeichen im Schaltplan ergeben.

[1]) Bearbeitet von F. Emde. — Die Meinungen über Aufg. 48 sind im AEF noch geteilt; der Entwurf wird aber schon jetzt veröffentlicht, damit die Fachgenossen den Fortgang der Arbeit durch ihre Kritik fördern können.

3. Elektrische Durchflutung und magnetische Randspannung; Zuwachs des magnetischen Induktionsflusses und elektrische Randspannung. Meist hält man sich hier an folgende Regel: Die beiden Größen eines dieser beiden Paare sollen gleiche Vorzeichen erhalten, wenn sie einander zugeordnet sind wie Drehung und Schiebung einer Rechtsschraube. Dann ist das Induktionsgesetz mit, das Durchflutungsgesetz ohne Minuszeichen zu schreiben.

Während die Ströme und die induzierten elektromotorischen Kräfte dem Magnetfeld stets nach einer Rechtsschraube zugeordnet werden sollen, sollen die Zählpfeile für die Klemmenspannungen nach Belieben wählbar bleiben. Bei der Bildung von Umlaufspannungen können die Klemmenspannungen daher auch mit negativem Vorzeichen auftreten ($-U$). Negativ genommene induzierte elektromotorische Kräfte heißen „induktive Spannungen".

Ein wichtiges Beispiel sind die Gleichungen und das Zeigerdiagramm des Transformators. An diesem Beispiel soll die praktische Bedeutung verschiedener Festsetzungen gezeigt werden:

1. Alle Ströme und Spannungen seien dem magnetischen Feld im Eisenkern nach einer Rechtsschraube zugeordnet, wenn sie dasselbe Vorzeichen haben wie das Feld: Bild 5.

2. Alle Ströme und Spannungen seien dem magnetischen Feld im Eisenkern nach einer Linksschraube zugeordnet, wenn sie dasselbe Vorzeichen haben wie das Feld: Bild 6.

3. Bei gleichen Vorzeichen seien I_1, I_2, U_2 dem magnetischen Feld nach einer Rechtsschraube zugeordnet und nur die primäre Klemmenspannung U_1 nach einer Linksschraube: Bild 7.

So hat zuerst Gisbert Kapp (1887) das Diagramm des Transformators vorgeführt. Diese Zuordnung ist deshalb auch heute noch die gebräuchlichste. Vermutlich ist sie von vielen irrtümlich für die allein richtige gehalten worden. Die primäre Wicklung wird dabei als Verbraucher angesehen, die sekundäre als Erzeuger (vgl. Nr. B 2).

4. Bei gleichen Vorzeichen seien U_1, U_2, I_2 dem magnetischen Feld nach einer Linksschraube zugeordnet und nur der primäre Strom I_1 nach einer Rechtsschraube: Bild 8.

Man kann eine von diesen vier Festsetzungen wählen oder auch eine andere. Nur sollte nicht verschwiegen werden, welche Festsetzung man benutzen will. Zulässig ist jede Festsetzung, so daß man im einzelnen Fall die zweckmäßigste wählen kann.

C. Im magnetischen Feld rotierende Windung

Vorbemerkung: In einer elektrischen Maschine pflegt man bei allgemeinen Betrachtungen ein $2p$-poliges, sinusartig verteiltes radiales magnetisches Feld anzunehmen. Hier, wo es nur darauf ankommt, die Vorzeichen geeignet festzulegen, genügt es, sich die Ankerwindungen ohne Eisenkern in einem gleichförmigen (also zweipoligen) magnetischen Feld zu denken.

I. Richtungssinn

In der Maschinenachse befinde sich ein Beobachter, der geradeaus blickt, also senkrecht von der Maschinenachse weg. (Am bequemsten denkt man sich weiterhin die Maschinenachse vertikal.)

1a. Der Beobachter blicke in der Richtung des Vektors $d\mathfrak{B}$, und es sei $\mathfrak{B} = 0$. Die treibenden elektromotorischen Kräfte (die induzierten Ströme) sind (Bild 9) in den Ankerstäben auf der linken Seite des Beobachters abwärts, auf seiner rechten Seite aufwärts gerichtet. (EMK der Ruhe E_R.)

1b. Die (positive) Richtung (Symmetrieachse) des vom induzierten Strom erregten Magnetfeldes („Rückwirkung") bildet mit $d\mathfrak{B}$ immer einen stumpfen Winkel (Bild 9).

2a. Der Beobachter blicke in der Richtung des Vektors $\mathfrak{B}$, und es sei $d\mathfrak{B} = 0$ (Bild 10). In den Ankerstäben, die an ihm (vor oder hinter ihm) von links nach rechts vorüberziehen, sind die treibenden EMKe (die induzierten Ströme) aufwärts gerichtet, in den Ankerstäben, die an ihm von rechts nach links vorüberziehen, abwärts. (EMK der Bewegung E_B.)

2b. Die (positive) Richtung (Symmetrieachse) des vom induzierten Strom erregten Magnetfeldes („Rückwirkung") entfernt sich bei der Drehung des Ankers immer von der Richtung $\mathfrak{B}$. (Bild 10.)

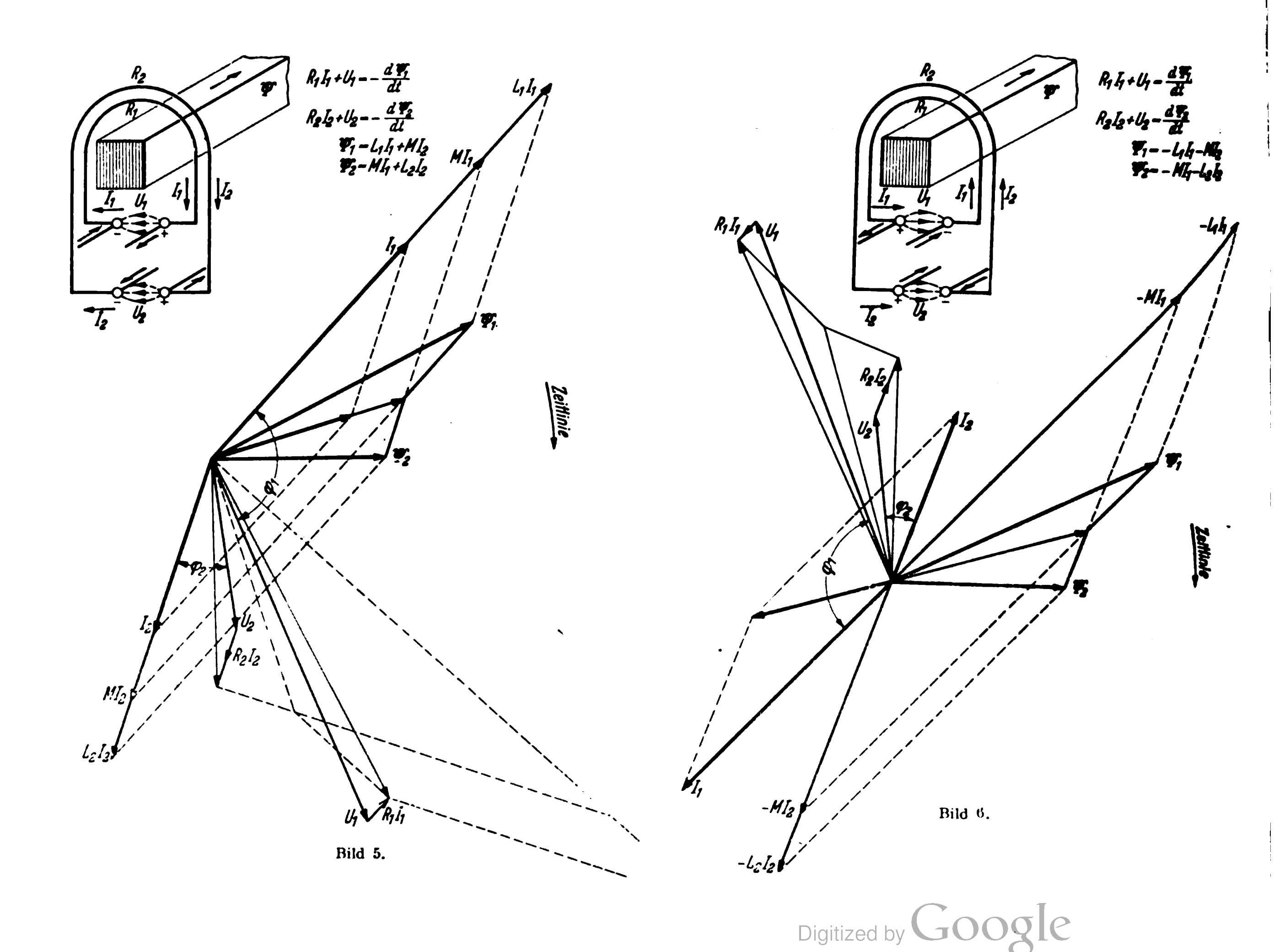


Bild 5.

Bild 6.

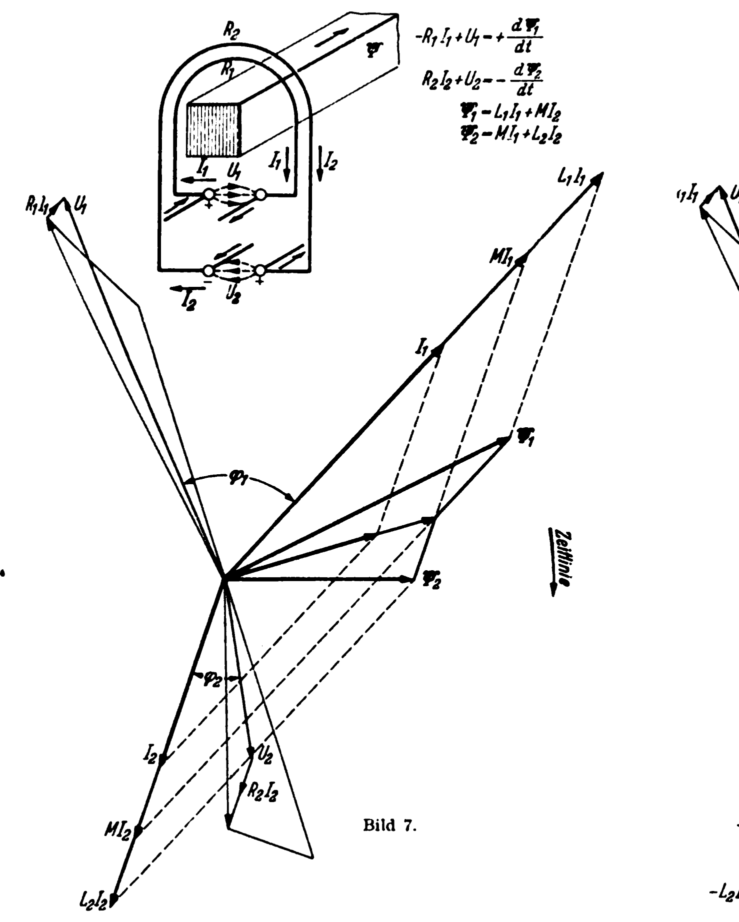


Bild 7.

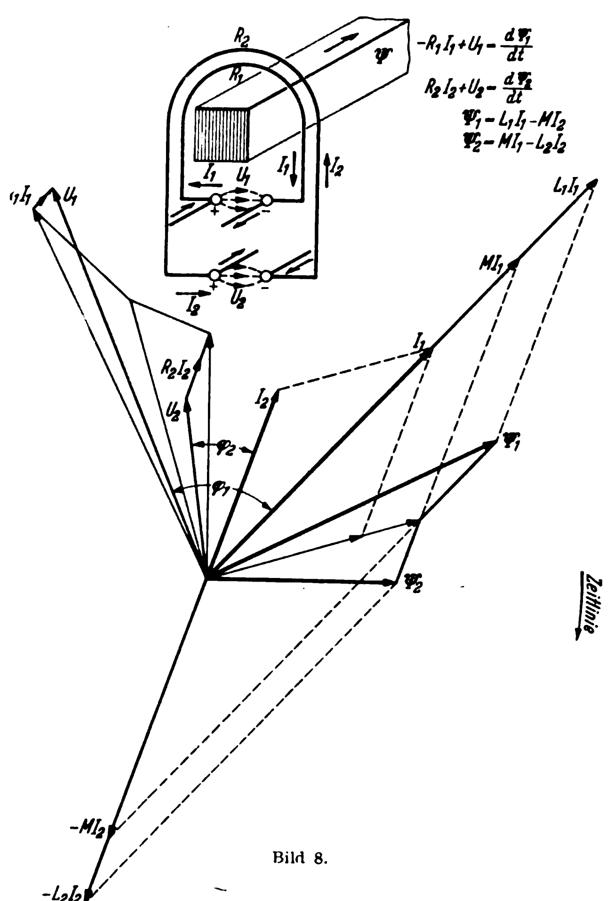


Bild 8.

II. Phasen im Wechselfeld

a) Ein (gleichförmiges) magnetisches Wechselfeld hat eine Doppelrichtung. Man wähle eine der beiden Richtungen als positiv.

b) In einer Windung, die eine beliebige Lage gegen das magnetische Feld hat, wähle man einen positiven Umlaufsinn für den Strom und ordne diesem Umlaufsinn auf der Windungsnormale die positive Richtung nach einer Rechtsschraube zu.

Dann gelten die beiden folgenden Regeln:

1. Die EMK der Ruhe (Bild 9) ist gegen den magnetischen Fluß um eine Viertelperiode verspätet oder verfrüht, je nachdem der Winkel zwischen der positiven Windungsnormale und der positiven Feldrichtung spitz oder stumpf ist.

2. Die EMK der Bewegung (Bild 10) ist mit dem magnetischen Fluß in Phase oder in Gegenphase, je nachdem sich die positive Windungsnormale bei der Drehung des Ankers von der positiven Feldrichtung entfernt oder ihr nähert.

III. Drehmoment

Das Drehmoment, das das magnetische Feld auf eine Ankerwindung ausübt, hat einen solchen Drehungssinn, daß es den Vektor des vom Ankerstrom erregten magnetischen Feldes („Rückwirkung") auf dem kürzesten Winkelweg in die Richtung des Vektors des fremden magnetischen Feldes zu drehen sucht.

Unter einem Magnetpol wirkt auf die Ankerwicklung oder bei einem Nutenanker auf die Ankerzähne eine Kraft von der Polkante verstärkten Magnetfeldes nach der Polkante geschwächten Magnetfeldes. Als Motor dreht sich der Anker in dieser Richtung, als Generator in der entgegengesetzten.

D. Stromwender und Ankerrückwirkung

Bei einer Maschine mit Stromwender lasse man den Strom aus einer beliebig gewählten Bürste E in die Ankerwicklung eintreten und verfolge den Stromverlauf durch die Ankerwicklung, bis man zum erstenmal auf eine andere Bürste (A) trifft. Dabei vermerke man an jedem durchlaufenen Ankerstab, in welcher Richtung ihn der Strom durchfließt. In derselben Weise verfolge man den zweiten parallel geschalteten Zweig, der von E ausgeht. Nach dem Durchflutungsgesetz ergibt sich dann ohne weiteres, welche Richtung und welchen Richtungssinn das vom Ankerstrom erregte magnetische Feld (genauer: seine Symmetrieachse) hat.

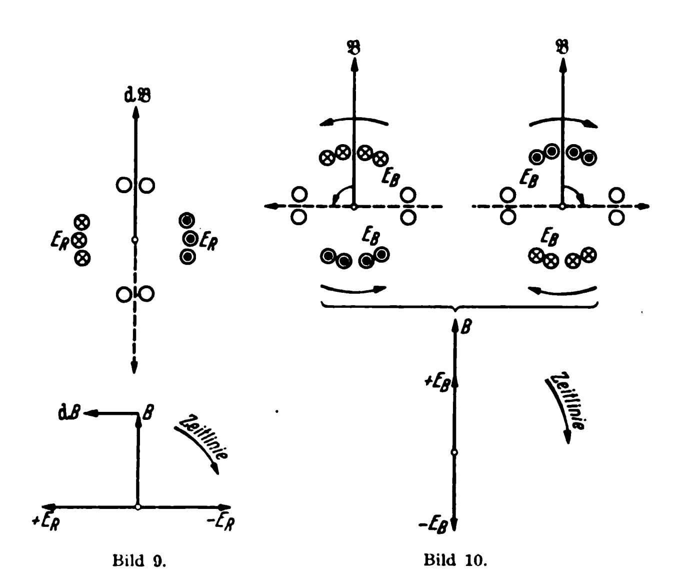


Bild 9. Bild 10.

Dieser Feldrichtung werde das Vorzeichen des äußeren Stromes zugeordnet, der in die Bürste E hinein- und aus der Bürste A wieder herausfließt.

Trommelwicklung als Beispiel: Wenn der äußere Strom abwärts fließt, so ist das vom Ankerstrom erregte magnetische Feld in Bild 11 nach links, in Bild 12 nach rechts gerichtet. In Bild 12 greifen am Stromwender die Stirnverbindungen kreuzweise übereinander und leiten den Strom, der dem Stromwender

von außen (oben) zugeführt wird, in Ankerstäbe auf der andern (unteren) Seite der Mantelfläche des Ankers. In Bild 11 sind die Stirnverbindungen nicht gekreuzt; der äußere Strom fließt über den Stromwender in Ankerstäbe auf derselben (oberen) Seite der Mantelfläche des Ankers.

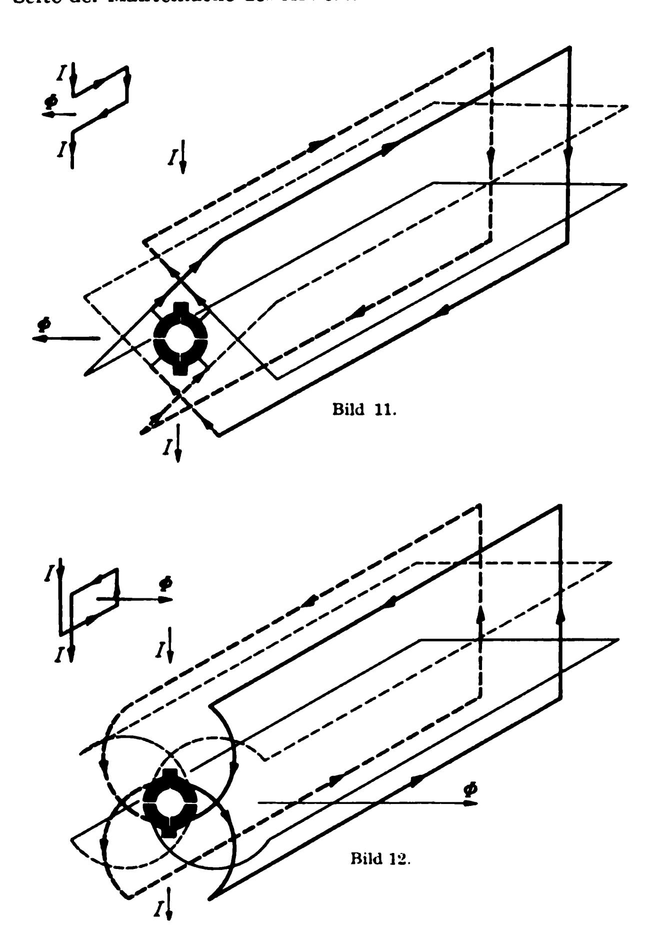


Bild 11.

Bild 12.

E. Übertragungsschaltungen in der Nachrichtentechnik

In der Nachrichtentechnik rechnet man am Eingang einer Übertragungsschaltung die Spannung von der Eintrittsklemme des Stromes zur Austrittsklemme positiv, am Ausgang von der Austrittsklemme zur Eintrittsklemme. Das hat den Vorteil, daß man bei einer Kette von zwei oder mehr Übertragungsschaltungen ohne Vorzeichenwechsel weiterrechnen kann.

(Fortsetzung folgt)

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.367 : 621.791.735

Spannungsfall im Schweißlichtbogen und seine Abhängigkeit von Polung und Elektrodenart. Von Dr.-Ing. W. Röll. Mit 49 B. u. 32 S. im Format A 5. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1941. Preis geh. 3,50 RM.

Über die Vorgänge im Schweißlichtbogen sind in letzter Zeit verschiedene grundlegende Forschungsarbeiten erschienen, die etwas Klarheit in die bisher nur durch Hypothesen und rein theoretisch erörterten Vorgänge gebracht haben. Grundlegend waren vor allem die Zeitdehneraufnahmen des Tropfenüberganges, die Feststellung der Bogentemperatur, die Kraftwirkung in Richtung der Elektrodenachse, schließlich die Feststellung, daß der Spannungsabfall zwischen Elektrode und Werkstück nur dem ohmschen Gesetz folgt, soweit die „Säule" des Bogens in Betracht kommt, und zwar steigt der Abfall mit der Bogenlänge. Der Anoden- und Kathodenfall dagegen sind davon unabhängig und fast konstant. Hier setzen die Versuche des Verfassers ein und zeigen, daß beim Bogen der Anoden- und Kathodenfall gewisse, wenn auch kleine Verschiedenheiten aufweist, je nach der Polarität der Elektrode und des Werkstückes, sowie je nach dem Werkstoff (untersucht wurde Fe auf Fe, Cu auf Cu und Al auf Al), der Stromstärke und ob der Bogen behindert ist oder nicht. Verfasser kommt zu dem Ergebnis, daß der Kathodenfall einen Durchschnittswert von etwa 14,5 V hat, der Anodenfall einen solchen von 8 bis 10 V.

J. C. Fritz VDE

DK 530.1.001.8

Umsturz im Weltbild der Physik. Gemeinverständlich dargestellt von E. Zimmer. Mit einem Geleitwort von Dr. Max Planck. 5. erweit. Aufl. Mit 77 B. 296 S. im Format 155 × 230 mm. Verlag Knorr & Hirth, München 1940. Preis geh. 4,50 RM., geb. 5,70 RM.

Nicht der immer wachsende Tatsachenbestand der Physik sondern die Deutung desselben zu einem physikalischen Weltbild ist von dem Umsturz betroffen, von dem das Buch handelt. So führt der Verfasser im Vorwort aus. Eine mehr oder weniger schnelle Wandlung in dieser Deutung, die sich schon in der Art der physikalischen Hypothesen ausspricht, hat von jeher stattgefunden. Aber niemals verlief sie so stürmisch wie in dem Jahrzehnt, das die Quantenmechanik zum Siege führte. Eine gemeinverständliche deutsche Chronik dieses Siegeslaufes geschrieben zu haben, an dem deutsche Forscher so hervorragend führend beteiligt sind, ist ein bleibendes Verdienst des Verfassers.

Die jetzt vorliegende fünfte Auflage erscheint neu durchgesehen und ergänzt in der gleichen vorzüglichen Ausstattung des Verlages, wie die früheren. Die Zahl der Abbildungen ist von 61 auf 77 erhöht. Neben kleineren Zusätzen und Änderungen sind insbesondere der so überraschend bestätigten Yukawatheorie und den Mesotronen, sowie der von Otto Hahn und seinen Mitarbeitern mit einem so unerwarteten Resultat ausgeführten Zerschlagung des Uranatoms neue Abschnitte gewidmet, in denen sich wieder die glänzende Darstellungsgabe des Verfassers zeigt.

Man kann dem Buch nur einen weiter wachsenden Leserkreis wünschen.

H. Diesselhorst

EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten]

Bücher

Berechnung elektrischer Leitungsquerschnitte unter bes. Berücks. der Austauschwerkstoffe für Kupfer. Von F. Weickert. 16. neubearb. Aufl. Mit 17 B., IV u. 60 S. im Format A 5. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1941. Preis kart. 1,20 RM.

[Die Grundzüge für die Berechnung von Leitungsquerschnitten werden allgemein verständlich dargelegt und hierzu die entsprechenden Bestimmungen und Tafeln aus den Errichtungsvorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE 0100) sowie aus VDE 0255 „Vorschriften für Papierbleikabel in Starkstromanlagen" und VDE 0260 „Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleiter in Starkstromanlagen" gebracht. In dieser 16. Auflage werden auch die Umstellungen von Kupfer auf Aluminium im Rahmen des Vierjahresplanes berücksichtigt und in den Tafeln neben den Werten für Kupfer die entsprechenden Aluminiumwerte aufgeführt.] *Lbr.*

Kartei für Funktechnik. 2. Ergänzung. 32 Karten im Format A 6. Gesamt-Inhaltsverzeichnis der 1. bis 3. Lieferung. Funkschau-Verlag, München 1941. Preis 3 RM.

Anordnung und Ausführung von Steigleitungen und Zählern für Gas und elektrischen Strom. Merkblatt 2 des Fachausschusses für Haustechnik im Verein deutscher Ingenieure. Mit 4 B. u. 4 S. im Format A 4. Beuth-Vertrieb GmbH., Berlin 1941. Preis 0,50 RM ausschl. Versandkosten.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. K. Janczikowski VDE, Schöneiche bei Berlin, Grätzstr. 6
Reg.-Rat Dozent Dr. E. Justi, Berlin W 50, Achenbachstr. 2 pt.
Obering. H. Thomas, Duisburg, Hansastr. 38.

Abschluß des Heftes: 22. August 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Springer-Verlag, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 4. September 1941 | Heft 36

Dr. Todt zum 50. Geburtstag

Die Entwicklung der deutschen Technik hat durch ihr Ausstrahlen auf alle Betätigungsgebiete unseres Volkes die geistigen Beziehungen des deutschen Menschen zur Technik umfassend vertieft und in weiten Kreisen reges Interesse für technische Fragen geweckt. Das im deutschen Wesen wurzelnde Verlangen nach systematischer Ordnung hat mit fortschreitender Einreihung von Menschen in den Entwicklungsprozeß der Technik den in ihr tätigen Ingenieuren den Wunsch nach Organisationen wachwerden lassen, die teils den materiellen Zweckmäßigkeiten auf den technischen Produktions- und Verbrauchsgebieten, teils den ideellen Belangen des Ingenieurstandes dienen sollen. Weiter hat die immer größer werdende Bedeutung der Technik für Staat und Wirtschaft den Ingenieuren im gleichen Entwicklungstempo das Bewußtsein der Wichtigkeit und Notwendigkeit ihrer Arbeit und damit einen ausgesprochenen Berufsstolz vermittelt und gleichzeitig den Wunsch entstehen lassen, in einem Zusammenschluß der Fachgenossen einen fördernden Meinungsaustausch zur Weiterbildung zu pflegen.

So entstanden schon frühzeitig die heute im NSBDT. zusammengeschlossenen Verbände, die in dieser Organisation eine umfassende Heerschau deutscher Technik und ein eindrucksvolles Werkzeug zu einer einheitlichen politischen und weltanschaulichen Ausrichtung darstellen. Die Größe der Idee, die dem Gestaltungswillen und dem gewaltigen Aufgabenkreis des NSBDT. zugrundeliegt, sehen wir immer wieder verkörpert in der Person des Reichsministers Dr. Todt, in dem wir mit stolzer Freude den Reichswalter des NSBDT. und den Leiter der deutschen Ingenieurschaft verehren.

Wenn wir Elektrotechniker die Geschichte des VDE als der Fachorganisation der Elektrotechnik betrachten, so erkennen wir eine Unsumme von Ingenieurleistungen hochwertigster Art als Ergebnis seiner Arbeit, jedoch nur zugeschnitten auf ein Teilgebiet. In gleicher Weise hat auch der Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern eine lange Kette hervorragender technischer Leistungen aufzuweisen, jedoch auch hier wieder nur im Rahmen seines engeren Gebietes. Die an und für sich verwandten Gebiete „Elektrotechnik, Gas und Wasser“ unterhielten kaum Beziehungen zueinander. Daneben entstand die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, ebenfalls reich an Aufgaben und Erfolgen, doch wiederum trotz innerer Wesensverwandtschaft ohne organisatorische Brücke zu den vorgenannten Verbänden. Erst der Gestaltungskraft des Dr. Todt ist es zu danken, daß diese drei in ihrer technischen Blickrichtung und in ihrem Aufgabenkreis ähnlichen Organisationen im Rahmen des NSBDT. zur Reichsfachgruppe Energiewissenschaft zusammengeschlossen wurden. Durch dieses Zusammenfassen unter dem Dach einer Fachgruppe sollte gekennzeichnet werden, daß ihren sich auf den drei Energiearten Elektrizität, Gas und Wasser aufbauenden Arbeitsgebieten eine weitgehende Gemeinsamkeit der Zielsetzung innewohnt. Hinzu traten die Arbeitsgemeinschaften auf dem Gebiete des Dampfkesselwesens, die aus einer Zusammenarbeit im Rahmen der Fachgruppe gleichfalls wertvolle Anregungen zur Lösung ihrer Aufgaben schöpfen können. Das Ziel dieser Fachgruppenarbeit ist nicht zuletzt die Schaffung einer einheitlichen Grundausrichtung in Ausbildung und Aufgabenstellung aller auf den vorgenannten Energiegebieten tätigen Ingenieure.

Die Entwicklung ist jetzt durch die uns alle beglückende Tatsache geschlossen, daß Dr. Todt durch den Führererlaß vom 29. Juli 1941, als dem Generalinspektor für Wasser und Energie die Führung der deutschen Energiewirtschaft übertragen worden ist. Wirkliche Ingenieur-Schaffenskraft, der Schöpfergeist des Mannes, der dem Führer das gewaltige Netz der Reichsautobahnen bauen konnte, wird der Energiewirtschaft den Stempel großzügiger Gestaltung aufdrücken, wie sie der Größe des Reiches würdig ist. Wir Energie-Ingenieure glauben, unserem Dr. Todt zu seinem 50. Geburtstag dadurch unsere Glückwünsche am besten zum Ausdruck bringen zu können, daß wir durch geschlossenen Einsatz unsere ganzen Kräfte in den Dienst seiner großen Aufgaben stellen wollen.

Dr.-Ing. W. Lühr

Die Elektrotechnik im Bauwesen

Von T. von Rothe, Berlin

DK 621.3 : 624

Übersicht. Nach kurzer Erörterung der Energieversorgung einer Baustelle wird die Verwendung des elektrischen Antriebes für die wesentlichen Baugeräte besprochen*).

Im neuzeitlichen Bauwesen spielt die Mechanisierung der Baustellen eine entscheidende Rolle. Die großen Bauaufgaben, die in den sechs Jahren des Wiederaufbaues der deutschen Wirtschaft dem Bauwesen gestellt waren und gelöst wurden, und die gewaltigen Aufgaben, die in der Nachkriegszeit von der Bauwirtschaft zu bewältigen sein werden, zwingen zu rationeller Wirtschaft mit sparsamstem Einsatz von Stoff, Mensch und Maschine, deren Wirkungsgrad auf den höchstmöglichen Stand gebracht werden muß, wenn die Aufgaben mit Erfolg durchgeführt werden sollen. Die Mechanisierung der Baustellen ist jedoch in starkem Maße abhängig von der Kraftversorgung, die sich im neuzeitlichen Baubetrieb und in letzter Zeit in steigendem Maße des elektrischen Antriebes bedient.

1. Die elektrische Energieversorgung einer Baustelle

a. Fremdversorgung

Die Energieversorgung einer Baustelle kann auf zweierlei Art durchgeführt werden: als Fremdversorgung und als Eigenversorgung. Bei der Fremdversorgung liegen die Verhältnisse ähnlich wie bei den stationären Betrieben. Der Anschluß erfolgt an das Überlandnetz. Je nach der Größe des Strombedarfes werden eine oder mehrere Transformatorenstationen an den Schwerpunkten des Verbrauches eingerichtet; ihre Größe soll möglichst der auf der Baustelle eingesetzten Geräte entsprechen.

Als interessantes Beispiel für die Fremdenergieversorgung kann die neuzeitliche Reichsautobahn-Baustelle gelten, bei der von einigen Großbauunternehmungen für den Betondeckenbau der elektrische Antrieb der Geräte mit Erfolg angewendet wird. Die hierbei benötigten Geräte, ein Planumsfertiger für die Einebnung und Abstampfung des Straßenkörpers vor dem Aufbringen der Betondecke, zwei Betonmischmaschinen, zwei Verteiler und zwei Fertiger für den Deckenvortrieb, erfordern insgesamt rd. 140 PS. Da die Arbeitsstelle mit täglich 250 bis 400 m Baufortschritt stark ortsveränderlich ist, wird

*) Betreffend näherer Einzelheiten sei auf den Abschnitt „Der elektrische Antrieb von Baumaschinen" (Prof. Dr. Garbotz) in dem demnächst erscheinenden Handbuch „Der Strom" hingewiesen.

Bild 1. Fahrbare Transformatorenstation für 125 kVA an einer Reichsautobahnbaustelle.

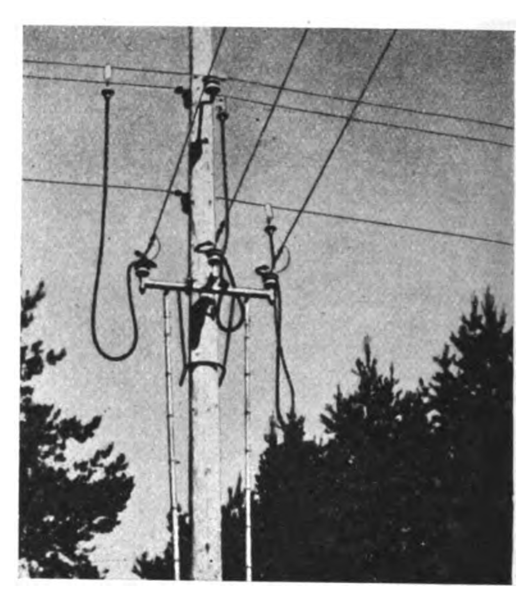


Bild 2. Versetzbarer Hochspannungsabzweig.

eine brückenfahrbare Transformatorenstation von etwa 125 kVA (Bild 1), die auf den seitlich des Planums verlegten Fertigerschienen fahrbar ist, mitgeführt. Von einer am ganzen Baulos entlang behelfsmäßig verlegten Hochspannungsleitung entnimmt sie über Abzweigklemmen (Bild 2) von 200 zu 200 m den Strom, den sie niederspannungsseitig über Schlauchleitungen an die einzelnen Baumaschinen abgibt.

Vergleicht man den Energiebedarf bei einer in dieser Weise elektrisch betriebenen Baueinrichtung mit dem Einzelantrieb durch Dieselmotoren, so stehen einem Rohöl- und Schmiermittelbedarf von 1,3 t je km Vortrieb einbahniger Betondecke etwa 3700 kWh bei Entnahme aus dem Überlandnetz gegenüber, so daß man bei 2 · 1000 km jährlicher Fahrbahnfertigstellung mit einer Jahresersparnis an Rohöl von rd. 300 t rechnen kann[1]).

b. Eigenversorgung von Großbaustellen

Bei der Eigenversorgung tritt an die Stelle der Entnahme aus dem Überlandnetz die Erstellung eines eigenen Baukraftwerkes, eine Lösung, die meist nur für Großbaustellen in Betracht kommt. Die Lage des Kraftwerkes ist abhängig von der Brennstoffzufuhr und der Wasserversorgung und richtet sich insbesondere nach dem Schwer-

[1]) R. Schmidt, Betonstraße 12 (1937), H. 5, S. 95.

punkt des Energiebedarfes. Bei der Größenbestimmung ist reichliche Reserve zu berücksichtigen. Aber auch für diese Art der Energieversorgung von Baustellen im Kleinen gibt der neuzeitliche Reichsautobahnbau ein Beispiel in einem fahrbaren Baukraftwerk, bei dem ein Dieselmotor von 170 PS, gemeinsam mit einem Stromerzeuger auf eine fahrbare Brückenkonstruktion montiert, mit der Baustelle mitwandert.

c. Stromart und Spannung, Zuleitung und Stromabnahme

Als Stromart kommt überwiegend Drehstrom in Betracht; als Spannung wird für Beleuchtungszwecke allgemein 220 V, für den Kraftantrieb bis zu 100 kW 380 V, bei größeren Baugeräten, wie Großbrecheranlagen, Großbaggern u. dgl., 3000 oder 6000 V verwendet. Für kleinere Antriebsmotoren wird auf eine niedrige Spannung umgespannt.

Für die Stromzufuhr werden bei größeren Kraftübertragungen Freileitungen aus Aluminium oder Kupfer auf Isolatoren und Holzmasten benutzt; im Erdboden wird eisenbandarmiertes Kabel verwendet (Bild 3), das im Maschinenhaus selbst in Kabelkanälen verlegt wird. Um Beschädigungen beim Versand und beim Auf- und Abbau zu vermeiden, werden im Bauwesen für die Schaltanlage mehr und mehr gußeiserne Schaltkästen eingesetzt.

Interessante Sonderausführungen der Stromzuleitung wurden für Großbagger entwickelt. Entweder wird ozonfreies Kabel verwendet, das sich mit der Fahrbewegung selbsttätig auf eine Trommel auf- und abwickelt, oder häufiger die Schleifleitung auf Stützen, bei der die Fahrdrähte lose oder elastisch verlegt werden und die Stützenisolatoren auf an den Baggerschwellen befestigten Schleifleitungsmasten montiert sind. Durch die elastische Verlegung können die Fahrdrähte sich den Bewegungen der Baggerstrosse anpassen. Für die Endabspannung sind Abspannböcke vorgesehen, die mit Hilfe von Handkurbeln den Profildraht spannen.

Für die Stromabnahme werden, vornehmlich dann, wenn gleichzeitig ein Lokomotivfahrbetrieb versorgt werden soll, Schleifkontakte, die sich von oben, von der Seite oder von unten gegen die Fahrleitung legen, oder Rollenstromabnehmer verwendet.

2. Die wichtigsten Baugeräte als Stromverbraucher

Betrachten wir die einzelnen Gerätegruppen, die im Baubetrieb für den elektrischen Antrieb in Betracht kommen, so handelt es sich im wesentlichen um die Großerdbaugeräte, d. h. die Bagger, ferner die Aufbereitungsmaschinen für die Baustoffe, die Hebezeuge und Fördermittel sowie einzelne Geräte für den Grundbau und für Sonderaufgaben. Im folgenden sollen die wesentlichen Ausführungsformen des elektrischen Antriebes dieser Hauptgerätegruppen zusammengefaßt werden.

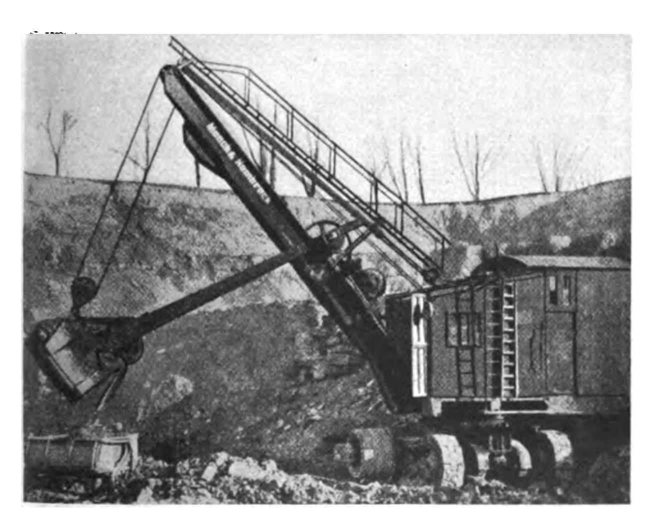


Bild 3. Löffelbagger mit Stromzuführung durch Kabel.

a. Erdbaugeräte

Die Bagger unterteilt man, auch nach der Art der Anforderungen an den elektrischen Betrieb, in absatzweise und stetig arbeitende Geräte. Zu den ersteren gehören die Greifbagger, die Löffel- und Schürfbagger, also Geräte, die in absatzweisem Arbeitsvorgang das Lösen des Bodens vornehmen, zu den letzteren im wesentlichen die Eimerketten- und Schaufelradbagger, die in ununterbrochenem Betrieb die gleiche Lösearbeit bewältigen. Von den absatzweise arbeitenden Geräten weist der Löffelbagger zeitweise den stärksten Energiebedarf auf, da er beim Eindringen in den zu lösenden Boden zeitweilig Spitzenbeanspruchungen auslöst. Die wirtschaftlichen und technischen Vorteile, die hierbei der elektrische Antrieb gegenüber den älteren Antriebsarten bietet, sind ständige Betriebsbereitschaft, Fortfall der Arbeitspausen durch Betriebsstoffaufnahme, hohe Energiereserve, einfache, saubere Betriebsverhältnisse, höhere Leistung und geringere Betriebskosten. Als personelle Vorteile treten die Einsparung des Heizers und die Leistungssteigerung der Belegschaft hinzu. Diesen Vorteilen stehen allerdings die höheren einmaligen Anschaffungskosten gegenüber.

Bei den kleineren Löffel- und Greifbaggern sieht man mitunter noch den Einmotorenantrieb vor. Der einfache Motor wird in normaler durchlaufender Bauart verwendet. Einfache Schaltgeräte genügen hier. Nachteilig ist die mechanische Steuerung aller Arbeitsbewegungen. Schwierigere Verhältnisse liegen beim Mehrmotorenantrieb vor. Hierbei müssen z. B. die Motoren für das Drehwerk 250 bis 350mal, für das Hubwerk 150 bis 200mal und für das Vorschubwerk 500mal je Stunde beschleunigt und verzögert werden[2]). Durchweg werden Einheitsmotoren mit erhöhtem Feuchtigkeitsschutz verwendet. Zum Schutz gegen Überbeanspruchungen des Getriebes setzt man mechanische Schleifkupplungen ein, oder man sieht sogar eine Teilung des Hauptmotors in zwei kleinere vor.

In den V. S. Amerika verwendet man bei Löffelbaggern meist die Leonardschaltung, die sich den Betriebsverhältnissen am besten anpaßt. Bei dieser besitzt jeder Antriebsmotor einen eigenen Generator mit Eigen- und Fremderregung und einer dritten Gegenreihenschlußwicklung. Die auf gemeinsamer Welle angeordneten Generatoren werden von einem Drehstrom-Hochspannungsmotor angetrieben. Die Steuergeräte sind bei der Leonardschaltung wesentlich leichter und einfacher als bei unmittelbarem Drehstromantrieb. Der Stromverbrauch ist erheblich geringer als bei der Widerstandsschaltung[3]).

Schließlich ist die Drosselsteuerung zu erwähnen, die die Vorzüge der Leonardschaltung mit der Einfachheit der Widerstandssteuerung zu verbinden sucht. Die durch Verwenden einer Drosselspule mit Parallelwiderstand erreichte Kennlinie dieser Steuerung entspricht nahezu der der Leonardschaltung. Die besonderen Vorzüge sind hierbei: Einstellbarkeit der Kennlinie durch Ändern der Widerstände und der Drosselluftspalte, geringer Platzbedarf, kurze Einschaltdauer und vor allem höhere Baggerleistung, die allerdings auch eine höhere Leistungsaufnahme bedingt.

Bei den stetig arbeitenden Baggergeräten, insbesondere den Eimerkettenbaggern, ergeben sich einfachere Betriebsanforderungen und daher auch einfachere Lösungen, wobei die Vorteile des elektrischen Antriebes, vornehmlich die Leistungssteigerung und Arbeitseinsparung, besonders in Erscheinung treten. Die Spannung

---

[2]) Näheres vgl. G. Garbotz, Handbuch des Maschinenwesens beim Baubetrieb. Bd. III/1. Die maschinellen Hilfsmittel für das Lösen, Laden und Einbringen der Massen bei Trocken-, Erd- und Felsbewegungen. Julius Springer, Berlin 1937.

[3]) Vgl. W. Penzien, Untersuchung der Arbeitsbedingungen für den elektrischen Antrieb von absatzweise arbeitenden Baggern. Mitt. Forsch.-Inst. Maschinenwes. b. Baubetrieb, H. 7. VDI-Verl., Berlin 1935.

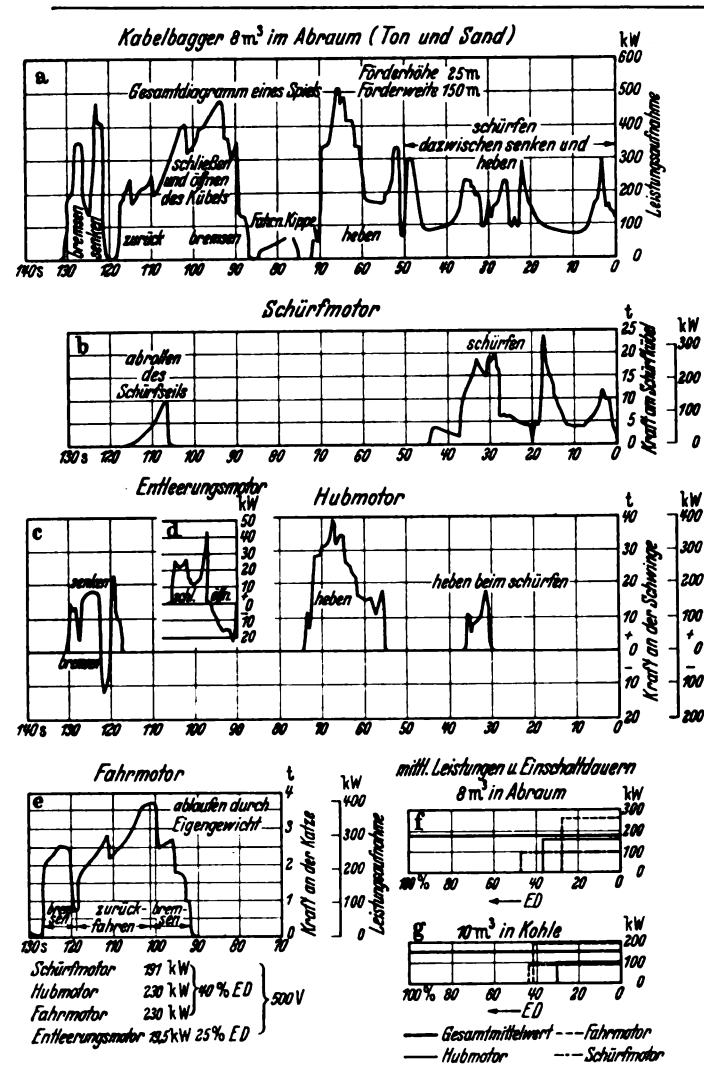


Bild 4. Verlauf der Energieaufnahme während des Arbeitsspieles eines Kabelbaggers mit 8 m³ Schürfkübelinhalt.

wird auch hier einerseits durch die Größe des Gerätes und seinen Gesamtenergiebedarf, anderseits durch die Länge der Baggerstrosse bedingt. Bei größeren Leistungen und Schnittiefen und einem Eimerinhalt von über 250 l wird meist eine Spannung von 3000 bis 6000 V verwendet. Dabei werden die Motoren teils direkt mit dieser Spannung, teils über einen Umspanner mit 380 V betrieben. An Motoren werden benötigt: Ein Hauptmotor für den Antrieb der Eimerkette, mehrere Motoren für den Fahrbetrieb, ein oder mehrere Leiter-Windemotoren, ein Verdichtermotor und gegebenenfalls noch Bandmotoren. Bild 4 und 5 zeigen den Verlauf der Energieaufnahme bei einem Kabelbagger und einem Eimerkettenbagger.

Für die Baggerarbeiten wird vielfach bei mehrschichtiger Arbeit eine Beleuchtung der Baustelle erforderlich. Neben Tiefstrahlern von 500 bis 1000 W werden oft Flutlichtlampen von 300 bis 1000 W hierzu gewählt.

b. Aufbereitungsmaschinen

Bei der zweiten Gerätegruppe, den Aufbereitungsmaschinen für Beton, die einen wichtigen Teil des Geräteparkes darstellen, wird mit Ausnahme der fahrbaren Geräte meist der elektrische Antrieb verwendet. Diese Gruppe umfaßt die Maschinen zum Zerkleinern des Gesteins, die Brecher, sowie die Sortier- und Waschanlagen und die Betonmischmaschinen. Neuerdings werden auch einige der bevorzugten Verarbeitungsgeräte für den Beton als Stampf- und Rüttelgeräte mit elektrischem Antrieb versehen.

Bei den Großbrechern (Vorbrechern) liegen die schwersten Betriebsanforderungen vor. Infolge der Ungleichmäßigkeit des aus dem Steinbruch gewonnenen Materials treten beim Zerkleinern stoßweise Perioden hoher Belastung auf, denen wiederum bei feineren Stücken fast ein Leerlauf folgt. Besonders der Anlaßvorgang bringt hohe Stromspitzen mit sich, wie das in Bild 6 dargestellte Betriebsdiagramm zeigt[4]). Der mittlere Kraftbedarf des Betriebes macht tatsächlich nur einen Bruchteil des Energiebedarfes beim Anlassen aus, der Spitzenbedarf zwingt aber dazu, einen erheblich stärkeren Motor zu wählen, als es für den Normalbetrieb erforderlich wäre. Der bei diesen Brechern erzielte Leistungsfaktor ist daher auch niedrig. Als Abhilfe sieht man eine Aufteilung der Antriebsleistung auf zwei Motoren vor, von denen der kleinere für den mittleren Kraftbedarf genügt, wenn Schlupfwiderstände seine Kennlinie verbessern (Bild 6). Es werden staubgeschützte Schleifringläufermotoren mit Rollenlagern und aufliegenden Bürsten vorgesehen.

Die Nach- und Feinbrecher bieten bedeutend leichtere Betriebsverhältnisse, die größere Schwankungen ausschließen. Hierbei kann daher mit normalen Kurzschlußmotoren, soweit sie staubunempfindlich sind, und mit einfachen Anlassern gearbeitet werden. Auch bei den übrigen Geräten der Aufbereitungsgruppe, den Sortier-, Wasch- und Mischmaschinen, sind die Kraftspitzen gering und die Betriebsbelastungen ziemlich gleichmäßig.

c. Hebezeuge und Fördermittel

Die dritte Gerätegruppe umfaßt die Hebezeuge und Fördermittel des neuzeitlichen Baubetriebes, die in mannigfachen Ausführungen den verschiedenen Bauaufgaben entsprechend ausgebildet sind. Abgesehen von den Winden handelt es sich bei den Hebezeugen im wesentlichen um die verschiedenen Kranarten, vom einfachen Schwenkkran der kleineren Baustellen und den im amerikanischen Baubetrieb vorherrschenden Derrick-Kranen bis zu den in Deutschland auf der Großbaustelle viel verwendeten Turmdrehkranen mit Hubhöhen bis zu 50 und 60 m und Tragkräften von 2 bis 6 t, den im Wasserbau verwendeten schweren Molenbaukranen für Lasten bis zu 200 t und den im Brücken- und Talsperrenbau mit Vorliebe eingesetzten Kabelkranen mit Spannweiten bis

[4]) Vgl. A. Bonwetsch, Betriebsverhältnisse und Kräftespiel an Backen-Steinbrechern, insbesondere an Großbrechern. Mitt. Forsch.-Inst. Maschinenwes. b. Baubetr. H. 5. VDI-Verl., Berlin 1933.

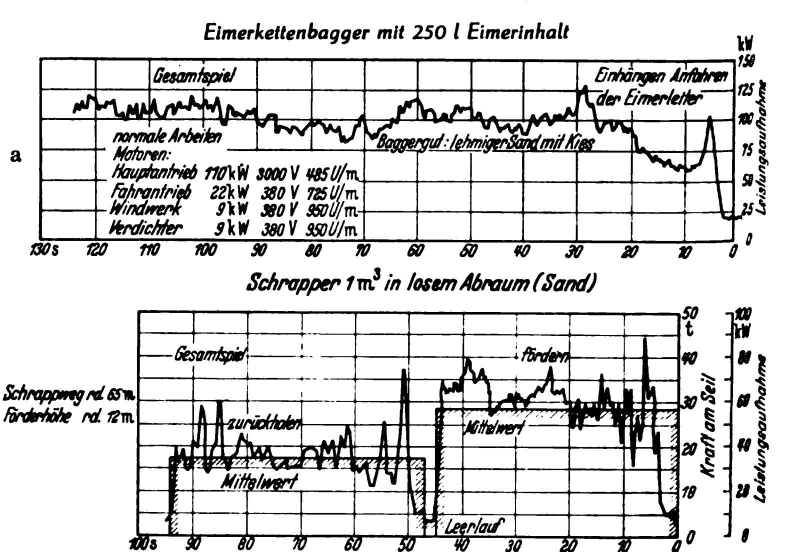


Bild 5. Verlauf der Energieaufnahme a) eines Eimerkettenbaggers mit 250 l Eimerinhalt mit Eimerkettenmotor für 110 kW, Fahrmotor von 22 kW und Windenmotor von 9 kW b) eines Schrappers mit 1 m³ Kübelinhalt.

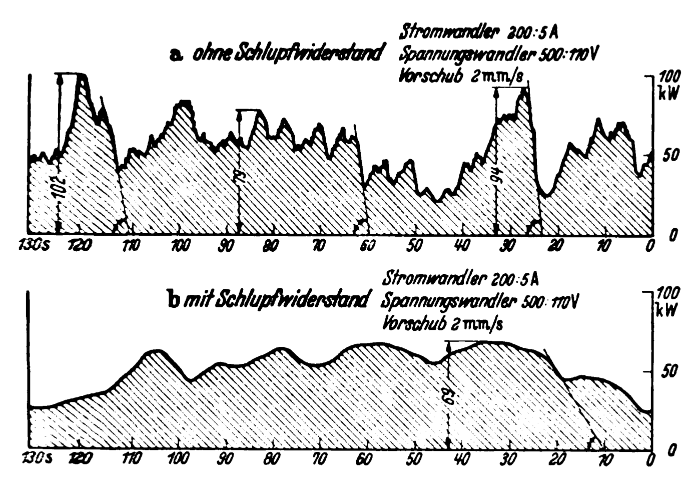


Bild 6. Ausschnitte aus Betriebsdiagrammen von Großbrechern a) ohne und b) mit Schlupfwiderständen.

zu 400 m. Als Fördermittel mit elektrischem Betrieb kommen neben den elektrischen Zugmaschinen Seilbahnen und Förderbänder in Betracht.

Auch hierbei sind absatzweise arbeitende und stetig betriebene Geräte zu unterscheiden. Bei den ersteren gibt der Hebezeugbetrieb mit den entsprechenden Kranspielen das Kennzeichen des Arbeitsverlaufes; für die stetig arbeitenden Fördermittel werden gewöhnliche Motoren und Schaltgeräte verwendet. In beiden Fällen ist entweder die volle Einkapselung oder mindestens genügender Schutz gegen die Feuchtigkeit und den Staub der Baustelle empfehlenswert, während für die Leitungen Panzerader und gußeiserne Schaltkästen vorzusehen sind. Als Sonderaufgabe tritt bei den Hebezeugen die Schaltung des Hubmotors und der Bremsen auf. Für die letztere wird meist die mechanisch wirkende Bandbremse verwendet, die beim Ausschalten des Stromes einfällt.

Von den kontinuierlich arbeitenden Fördermitteln sind im neuzeitlichen Baubetrieb die Förderbänder das meist verwendete und für die üblichen Schrägtransporte von Boden und Baustoffen unentbehrliche Hilfsmittel. Sie werden entweder in der normalen Bauart an der oberen Rolle durch Riemen oder Kette von einem gewöhnlichen Elektromotor angetrieben, oder es werden zwei Sonderausführungen gewählt, die ermöglichen, daß der Elektromotor unmittelbar die Förderbandrolle antreibt. Bei der einen Bauart bildet der Motor die Achse für die Bandrolle und den Träger für ein Stirnradvorgelege, das in den Rollenzahnkranz eingreift. Bei der anderen läuft das Gehäuse um und treibt über ein Stirnradvorgelege die Bandrolle an. Beide Ausführungen sind besonders für schwenkbare Bänder geeignet.

d. Grundbaugeräte

Sonderaufgaben bietet im Baubetrieb der Grundbau. Seine Geräte umfassen neben den Tiefbohrgeräten und den Rammen im wesentlichen die Einrichtungen zur Wasserhaltung in den Baugruben und die Hilfsmittel der Tiefgründung unter Druckluft. Bei den Tiefbohrgeräten spielt im Baubetrieb der elektrische Antrieb kaum eine nennenswerte Rolle, auch bei den modernen Rammgeräten wird überwiegend Dampf- und Druckluftantrieb, neuerdings Dieselantrieb, verwendet. Anders liegen die Verhältnisse auf dem großen Gebiet der Wasserhaltung einschließlich der neuzeitlichen Grundwasserabsenkung, wofür mit Hilfe des elektrischen Antriebes neue Verfahren entwickelt und bemerkenswerte Leistungen erzielt werden konnten. Bietet die offene Wasserhaltung der Baugruben kaum vom Normalen abweichende Lösungen, so findet man bei der Grundwasserabsenkung, die überall da einzusetzen ist, wo der Bauraum unterhalb des normalen Grundwasserspiegels des Baugeländes liegt, in den für die neuen Absenkungsverfahren entwickelten Tiefbrunnenpumpen ein fruchtbares Anwendungsgebiet des elektrischen Antriebes.

Die sogenannte Tauchpumpe ermöglichte mit senkrecht angeordnetem Kreiselrad und unter der Pumpe im Wasser angeordnetem Motor größere Absenktiefen in einem einzigen Absenkungsvorgang, wodurch das bis dahin erforderliche Absenkungsverfahren mit mehreren Staffeln für Tiefgründungen vereinfacht werden konnte. Den Schnitt durch eine neuzeitliche Tauchpumpe zeigt Bild 7. Die Antriebsmotoren dieser Pumpen sind durchweg Drehstrom-Kurzschlußmotoren in Sonderausführung; mit Rücksicht auf den erforderlichen geringen Außendurchmesser besitzen sie lange Anker, kleine Durchmesser und eine hochwertige Sonderisolierung.

Die Unterwassertiefbrunnenpumpen besitzen heute eine hohe Betriebssicherheit auch bei lange andauernden Grundwasserabsenkungen, wie dies eine große Anzahl umfangreicher Bauten von Trockendocks, Seeschleusen, Unterwassertunneln, insbesondere Untergrundbahntunneln, ergaben, bei denen Tauchpumpen bis zu einem Jahr und länger in ununterbrochenem Betrieb gearbeitet und ihre unbedingte Zuverlässigkeit erwiesen haben.

Zur Lieferung der Druckluft für die Druckluftgründungen stehen Verdichter zur Verfügung, die auch sonst im Baubetrieb für Preßluftgeräte benötigt werden. Der Unterschied für die Verwendung im Gründungsbetrieb unter Druckluft besteht nur darin, daß infolge der nur 1 bis 3 at betragenden Atmungsluft in der Arbeitskammer (gegen normal 6 bis 7 at) die Antriebsleistungen geringer sind. Die Sicherheit der unter Druckluft tätigen Arbeiter verlangt jedoch weitgehende betriebliche Vorsichtsmaßnahmen, die sich u. a. darin äußern, daß sämtliche Leitungen als GA-Leitungen doppelpolig verlegt werden müssen und Spannungen über 42 V unzulässig sind.

e. Sondergeräte

Betrachten wir noch kurz die weiteren im Betrieb für Sonderaufgaben eingesetzten Geräte, die nicht den angeführten großen Gerätegruppen zugehören, so bleiben für den elektrischen Antrieb weitere Verdichter, die im neuzeitlichen Baubetrieb zum Antrieb verschiedener Bauwerkzeuge und Kleingeräte eine wichtige Rolle spielen, ferner die Lüfter im Tunnel- und Stollenbau und schließlich eine Reihe von Kleingeräten, die sich letzthin im Zuge der Einführung des Rüttelverfahrens im Baubetrieb entwickelt haben. Während die Lüfter bei geringer Belastung meist direkt gekuppelt werden, erfordern die Verdichter, bei denen häufig Belastungsschwankungen auftreten, größere Energiemengen von 40 bis 80 kW. Zum Antrieb der Verdichter werden vorteilhaft Doppelnut-Kurzschlußmotoren verwendet.

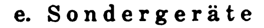


Bild 7. Schnitt durch eine neuzeitliche Tiefbrunnenpumpe.

Die erwähnten in den letzten Jahren entwickelten Elektro-Baugeräte für die Schwingverdichtung werden in Deutschland bisher vornehmlich zur Betonverdichtung als Außen- und Innenrüttler verwendet und haben als solche bedeutende Zukunftsaufgaben, da die Rütteltechnik im Betonbau an Bedeutung zunimmt. Vereinzelt werden entsprechende Elektrogeräte auch als Rüttelstampfer zur Erdverdichtung verwendet.

Abschließend seien auch die elektrischen Werkzeuge noch kurz erwähnt, die dem Bauhandwerker bekanntlich vorzügliche Dienste leisten und heute wegen ihrer Leistungsfähigkeit und handlichen Bedienung als Bauwerkzeug nicht mehr entbehrt werden können. Besonders wichtig sind die Elektrohämmer, die mit verschiedenen Einsätzen ausgerüstet auch als Bohrer, Fräser, Schraub- und Schneidewerkzeuge dienen.

Zusammenfassung

Wie die Ausführungen zeigen, ist die Elektrotechnik aus dem neuzeitlichen Bauwesen nicht mehr fortzudenken. Insbesondere ist der elektrische Antrieb in unseren Tagen, in denen es gilt, heimische Betriebsstoffe zu verwenden und Fremdstoffe zu vermeiden, ein unschätzbarer Helfer der Bauwirtschaft geworden.

Ostmärkischer Bahnbetrieb durch Alpenwasserkräfte

Von W. Zorn VDE, München

DK 621.331 : 625.1 (436) : 621.311.21

Übersicht)*. Unter Umgehung der im Schrifttum behandelten Bahnstromerzeugungsanlagen der Ostmark wird über neuere Erfahrungen des dortigen Bahnbetriebes unter besonderer Berücksichtigung der Stromversorgung durch alpine Wasserkraft berichtet.

Die elektrisierten Strecken der Ostmark werden durchweg aus Alpenwasserkräften mit Strom versorgt. Schon die grundlegenden Vorarbeiten im früheren Eisenbahnministerium in Wien hatten den später beibehaltenen Grundsatz der Eigenversorgung. Der Hauptabschnitt der Elektrisierung begann im Jahre 1924 mit dem Ausbau der bahneigenen Wasserkräfte. Lediglich ein einziges bahnfremdes Kraftwerk wird zur Stromversorgung mit herangezogen. Über die Erfahrungen bis zum Anschlußjahr 1938 wird nachstehend berichtet.

1. Allgemeines

In den Alpen dürfen die Witterungseinflüsse nicht unterschätzt werden; denn das Einzugsgebiet liegt in der mehr oder weniger vergletscherten Hochregion, die Zulaufwässer sind vorwiegend Schmelzwässer, und der Einfluß der Niederschläge tritt zurück. Die Wasserführung muß daher im Winter stark zurückgehen. Erst mit der Wiederkehr des höheren Sonnenstandes und längeren Tages kann wieder mit dem verstärkten Zulauf gerechnet werden. Die Stauseen müssen die entstehende Lücke im Zulauf decken. Mit den steigenden Verkehrszahlen wurden bei den ehemaligen Österreichischen Bundesbahnen alle Möglichkeiten für einen weiteren Energieausgleich untersucht, wodurch wertvolle Vorarbeit für den weiteren Ausbau bei der Deutschen Reichsbahn geleistet wurde. Die Verhältniszahl zwischen maximaler und minimaler Wasserführung ist bei einem Alpenlaufwerk viel größer als bei einem Laufwerk im Vorland; die von den Spitzenwerken zu deckenden Energielücken fallen schärfer an.

Günstig wirkt sich aus, daß die Tagesbelastungslinie durch den Nachtverkehr ausgeglichener ist als z. B. der Lastanfall bei einem Überlandwerk. Nach jahrelangen Beobachtungen beginnt in den Speicherwerken erst in der ersten Maidekade das Wiederauffüllen der Stauseen. Erst im Mai werden also die Wasserzuläufe größer als die Entnahmen. Dies hängt mit der späten Schneeschmelze in der Gletscherregion der Alpen zusammen.

Auch die klimatischen Anforderungen durch reichliche Schneemengen, Frost, Lawinen u. a. sind besonderer Art. In einem Werk wurde z. B. der Werksleiter neben dem Einlaufbauwerk in etwa 1840 m Höhe von einer Lawine verschüttet und schwer verletzt. Die Dachziegel im gleichen Werk mußten wegen der großen Schneelasten in eine Blecheindeckung geändert werden. In zwei Unterwerken traten durch Frostauftriebe wiederkehrende Fundamentbewegungen auf. Deshalb wurde durch Abtragen der wasserundurchlässigen Lehmschichten und Auffüllen einer Steinschicht mit Löschlage die Wasserdurchlässigkeit bis unter die Frostzone hergestellt. Zusätzliche Abflußrohre verhinderten schließlich das Ansammeln weiterer Wassermengen in der Freiluftanlage.

Im Winter weisen die Stauseen oft eine ½ m starke Eisdecke auf, die durch die darunter erfolgenden Entnahmen unterhöhlt werden kann, so daß die Auswirkungen nicht übersehen werden können. Bisher sind dabei schwerere Schäden noch nicht entstanden. Eines der Werke hat einen ganz kennzeichnenden Wasserzulauf; die Wassermenge hinkt der Sonnenstrahlungsintensität fast genau um 6 h nach. Diese Zeit braucht das Schmelzwasser also von der Schnee- und Eisregion bis zum Werk. Das Tagesmaximum wird etwa um 20^{00}, das Minimum um 8^{00} morgens erreicht.

2. Baulicher und mechanischer Teil

Die Einlaufbauwerke sind so auszubauen, daß beim Katastropheneintritt durch die Absperrorgane eine Wirkung, die über ein Überschwemmen der Apparatekammer hinausgeht, vermieden wird. Die Entscheidung, ob ein Freispiegel- oder Druckstollen einem begehbaren Stollen mit Rohrleitung vorzuziehen ist, kann je nach den örtlichen Verhältnissen verschieden ausfallen. Große Wassermengen verlangen große Durchflußquerschnitte zum Wasserschloß und stellen gleichzeitig ein zusätzliches Ausgleichsvermögen des Wasserschloßspeicherraumes dar. Beim Begehen muß der Wasserstollen entleert werden. Bei Rohrleitungen im Stollen kann das Begehen während des Betriebes stattfinden. Die Notwendigkeit, die Rohrleitung wegen der Verrostungsgefahr bei dünnen Wandstärken streichen zu müssen, die Empfindlichkeit der Auflagerpunkte der Rohre gegen eindringende Feuchtigkeit, die Verformungsgefahr und die notwendigen Nachdichtungsarbeiten bei Rohrentleerungen sind nicht zu unterschätzende Nachteile. Demgegenüber stehen die Wasserangriffe auf das Verkleidungsmauerwerk und die Sinkstoffablagerungen an den rauhen Wänden der Wasserstollen.

Das Aufnahmevermögen des Wasserschlosses muß so groß sein, daß auch bei kleiner Last eine auftretende Vollastspitze so lange aufgenommen werden kann, bis die Einlaufschütze weiter geöffnet wurden und das anströmende Wasser im Wasserschloß eingetroffen ist. Die Zeit von ½ h stellt hierfür einen guten Erfahrungswert dar, hängt allerdings von dem Stollengefälle und seiner Länge ab. Die Einrichtungen im Wasserschloß werden vorteilhaft vom Kraftwerk aus ferngesteuert.

Die Druckrohrleitung zum Krafthaus kann im Freien oder abgedeckt verlegt sein. Das Abdecken mit Erdreich bewährte sich trotz der Unzulänglichkeit und Verrostungsgefahr. Das Führen der Rohrleitungen in einem Stollen kann aus Geländegründen notwendig wer-

*) Auszug aus einem Vortrag, gehalten am 13. III. 1941 vor dem VDE-Bezirk Württemberg-Stuttgart, wiederholt am 4. VI. 1941 vor dem VDE-Bezirk Wien.

den, erfordert zwar ebenfalls Streicharbeiten wie das Verlegen an freier Luft, schützt aber diesen Anlagenteil besonders gegen fremden, bösartigen Zugriff. Das Streichen der Stollenrohre ist übrigens nur im Herbst vorzunehmen, wenn die Stollentemperatur und die Wassertemperatur ungefähr gleich sind. Durch die Stollenluftfeuchtigkeit ist das Rohr sonst immer naß, und die Farbe hält nicht.

Die Absperrorgane im Werk selbst werden mit Vorliebe hydraulisch, durch Druckwasser aus der Rohrleitung selbst, bedient. Schwierigkeiten ergeben sich hier, wenn das Betriebswasser Schwebestoffe führt oder Versandung zeigt. Kolbenundichtigkeiten führen zuerst zum Durchblasen von feinen Wasserfäden, aber schließlich durch den Schwebstoffgehalt zu erheblichen Zerstörungen der Dichtungsflächen. Bei neuen Werken empfiehlt sich daher unbedingt das Verwenden von Ölservomotoren.

Bei den Turbinen haben sich verschiedentlich über das übliche Maß hinausgehende Abnutzungserscheinungen gezeigt. Diese waren unter sonst gleichen Verhältnissen bei den Turbinen mit höheren spezifischen Drehzahlen stärker als bei jenen mit kleineren. Konstruktive Einzelheiten, wie Schaufelformgebung und Ausbilden der Becherspitze mit Vorziehen, sind nicht nur auf den Wirkungsgrad, sondern auch auf die Lebensdauer von einschneidender Bedeutung. In einem Fall konnte nach Auftragsschweißung unter gleichzeitig verbesserter Formgebung der Schaufeln eine Wirkungsgradverbesserung von rd. 3 % erzielt werden. Die Schaufelbeanspruchung ist aber auch von konstruktiven Einzelheiten, z. B. von der Befestigung der Schaufeln selbst, abhängig. Bei einer älteren Konstruktion traten infolge freitragender Schaufeln, die sich untereinander nicht abstützten, häufig Bolzenbrüche auf. Hierbei erwies sich die Zusammenarbeit von Betriebsleuten mit dem Lieferwerk als günstig zur Behebung der Schäden, bzw. deren Vermeidung bei Neubauten.

Die Turbinenregler sind Öldruckregler nach dem astatischen Prinzip; sie haben eine von der Schaltwarte aus fernbediente Leerlauf-Drehzahlverstellung üblicher Bauart. Wünschenswert ist das Zurückmelden der Einstellung der Leerlaufdrehzahl zur Schaltwarte. Der Ungleichförmigkeitsgrad des Reglers, also seine Drehzahlzu- oder -abnahme je Laständerung, kann von 1,5 bis 6 % eingestellt werden. Er wird in den Laufwerken niedrig, in den Spitzendeckungswerken hoch eingestellt, um einerseits tunlichst immer das gesamte Wasser im Laufwerk auszunutzen und anderseits auch das wertvolle Speicherwasser zu sparen.

Im Turbinenunterwassergraben wie auch in den Freispiegelstollen ist das Gewölbemauerwerk über dem Wasserspiegel dem Betonglattstrich vorzuziehen, da letzterer durch die dauernde Wasserbespülung und insbesondere durch die Frostwirkung im Winter erhebliche Schäden davontrug.

3. Elektrischer Teil

a. Generatoren und Umspanner

Die Generatoren wurden zweiteilig ausgeführt, wobei der Stabwicklung der Vorzug gegeben wurde. Das Verlegen der Teilfuge in die Ebene der geringsten Schnittzahl von Wicklungsköpfen ist bei der Einphasenmaschine leichter als bei der Dreiphasenmaschine. Der Abstützung des Ständereisens ist großes Augenmerk zuzuwenden, da Lockerungen zum Pulverisieren der Zwischenisolation der Bleche führen und Eisenschlüsse ergeben. Die Isolation der Bleche durch Wasserglastauchen hat sich nicht vollkommen bewährt, da diese mit der Zeit brüchig wird. Das zusätzliche Anbringen von Druckplatten mit Druckfingern wurde bei einzelnen Bauarten notwendig. Die hohe Kurzschlußzahl im Bahnbetrieb und die Tatsache, daß durch den festgeerdeten Nullpunkt jeder Leitungserdschluß im Übertragungsnetz zu einem Kurzschluß einer Leitungshälfte wird, stellt besonders hohe Anforderungen an die Kurzschlußfestigkeit der Generatoren und Umspanner. Die Bedenken gegen die Stabwicklung wegen der Lötstellen erwiesen sich als unberechtigt. Schwungräder sollen wegen der erschwerten Zugänglichkeit nicht im Generatorgehäuse untergebracht werden. Die Erregerwicklung wurde in fast allen Fällen zu knapp bemessen, so daß die Nennspannung für volle Blindlast bei kleiner Wirklast nicht erreicht wird, ohne die Erwärmungsgrenze der Läuferwicklung zu erreichen. Die Dämpferwicklungsverbindungen machten besondere Schwierigkeiten; die Wärmedehnungen, besonders in den Randstäben der Pole, wirkten sich auf die etwas zu schwach bemessenen Kontaktstellen nachteilig aus. Neuerliches Verlöten oder Sichern mit einer Verschraubung bei gewissenhafter Ausführung konnte ausreichende Kontaktflächen und damit Abhilfe schaffen. Der Nachteil von Lötungen ist ihre schlechtere Lösbarkeit. Kräftige Dämpferringe sind vonnöten. Vor allem sind genügende Querschnitte an jeder Stelle zu schaffen. Das Verwenden von Stahlschleifringen für den Erregerstrom hat sich nicht gut bewährt, da sich bei Stoßkurzschlußbeanspruchungen unter den jeweiligen Auflagerstellen der Bürsten starke Anbrennungen zeigten. Bei geringerem Schleifringübergangswiderstand und besserer Wärmeableitung des Werkstoffes würde sich diese Erscheinung verringern.

Die Spannungsregelung muß durch schnellarbeitende Regler geschehen, wenn sie den rasch wechselnden Betriebsanforderungen genügen soll. Verbesserte Thomaregler und Tirrillregler entsprachen den Anforderungen. Die Kompoundierung der Regler, also das zusätzliche Beeinflussen der Spannung durch die Wirk- und Blindstromabgabe, kann verschieden sein. Die Blindstrom-Gegenkompoundierung machte die Strombegrenzungsregler überflüssig und führte auch die Spannungsabsenkung bei Überlast oder Kurzschlüssen rascher und weniger hart herbei. Um aber das Spannungsniveau im Netz bei zunehmender Belastung zu erhalten, kann gleichzeitig die Wirkstromkompoundierung beibehalten werden, so daß bei zunehmendem Wirkstrom und abnehmendem Blindstrom die Spannung steigt. Dies ist auch für die Stabilität der Maschinen zweckmäßig. Die in letzter Zeit bei abgeschalteter Wirkstromkompoundierung gemachten Erfahrungen lassen diese gegebenenfalls entbehrlich erscheinen.

Die Kühlluft für die Maschinen wird vereinzelt aus dem Unterwasserkanal angesaugt und gegen die Freiluftanlage hinausgedrückt. Die Umkehrung des Kühlluftweges ist wegen der Luftfeuchtigkeit wünschenswert. Allerdings ist die warme Abluft derart untersättigt, daß sie begierig Feuchtigkeit an sich zieht. Der Mangel kommt daher nur bei kalter Maschine zur Wirkung. Durch sinnreich verstellbare Klappen in den Abluftkanälen kann diese Abluftwärme zum Heizen der Maschinenhalle verwendet werden.

Gegenstand besonderer Beobachtung und Betreuung wurden die Großumspanner in den Kraft- und Unterwerken. Der allgemeine Grundsatz, einen Umspanner nicht zu öffnen und nachzusehen, wurde erfolgreich durchbrochen. Bei den Großumspannern ergaben sich zuerst vereinzelte Schäden, die das Augenmerk auf den Umspannerbau im allgemeinen lenkten. Da man bei den beschädigten oder zerstörten Umspannerwicklungen häufig erhebliche Lockerungen festgestellt hatte, wurde ein regelmäßiges Untersuchen aller Großumspanner angeordnet. Die Schäden waren in mehreren Umspannern bereits fortgeschritten, in einigen erst im Entstehen begriffen. Durch entsprechende Vorbeugungsmaßnahmen, Umänderungen und Nacharbeiten konnten Ausfälle vermieden werden.

Die Kurzschlußhäufigkeit im Ostmarkbahnnetz ist, bezogen auf den Jahresdurchschnitt, etwa fünf Kurzschlüsse je Tag. Wenngleich jeweils gewöhnlich nur ein Unterwerk mit seinen Umspannern betroffen wird, so kommt der Stoßkurzschlußstrom mit mehr oder weni-

ger Dämpfung durch die zwischenliegenden Leitungswiderstände bis an die Kraftwerkumspanner hindurch. Der Bau kurzschlußfester Umspanner ist eine Erfahrungssache. Die Wicklungsabstützungen müssen unveränderlich sein, Holz arbeitet zuviel und wird in der Faser zerrieben. Die Zwischenlagen und Distanzstücke dürfen sich nicht verschieben oder verdrehen können; die Preßschrauben und Preßplatten müssen nicht nur stark genug sein, sondern sie müssen auch ein genügendes Nachspannen erlauben. Jede Zwischenlage, die nur durch Reibung und Druck hält, ist eine Gefahr für den Umspanner.

Die Anwendung von nur einer Jochpreßschraube, die überdies noch zum Anheben des Kernes diente, ergab bei einer Konstruktion ungleichmäßigen Druck im Luftspaltquerschnitt, damit Erschütterungen und Zerstörungen der Luftspaltisolation. Eisenbrand kann die Folge sein. Vielteilige Eisenbleche erfordern besondere Sorgfalt und ergeben erst bei guter Werksmannarbeit einen festen Eisenkörper. Die Wicklungspreßschrauben müssen auch neben der genügenden Nachspannlänge eine entsprechende Knickfestigkeit haben; in einem Fall wurden diese Schrauben zur Seite gedrückt und konnten keinen Druck mehr ausüben. Das Druckende der Schrauben erhält am besten eine schuhartige Verbreiterung, um mit möglichst wenig Zwischenlagen auf die Wicklung wirken zu können.

Als bester Isolierstoff erwies sich hochwertiges, künstlich gealtertes Hartpapier, das nach dem Einbau keinerlei Veränderung mehr unterworfen ist. Geleimte und bandagierte Zwischenstücke haben sich nicht bewährt, da sie sich lösten oder zuviel Schwund zeigten. Ferner benötigten Umspannerwicklungen mit geraden Spulenseitenteilen, also insbesondere bei Mantelausführungen, besondere Abstützungen gegen das Verformen. Diese Spulen haben unter der Kurzschlußwirkung das Bestreben, ein möglichst großes Feld zu umfassen, d. h. also rund zu werden. Von verschiedenen Seiten der Umspannererbauer wurden Bedenken gegen Lötstellen im Umspanner geltend gemacht, deren Vermeiden manchmal zu besonderen Konstruktionen Anlaß gab; doch besteht diese Sorge bei genauer Arbeit und ausreichender Bemessung wohl nicht zu Recht. Die natürliche Ölkühlung ist die beste Kühlungsart. Die Umspanner werden wohl teurer, aber der Wegfall von Ölpumpen, der Kühlwasserversorgung und schließlich der Fortfall des häufig versteinenden Ölkühlers selbst sind nicht zu unterschätzende Vorteile. Für den Zusammenbau ist das Entfeuchten der Wicklung durch Auskochen notwendig.

Die Umspanner eines Werkes litten vorübergehend unter eigenartigen Erscheinungen, die sich an den Umspannerwicklungen als punktierte, siebartige Durchlöcherungen zeigten. Zwischen dem Kraftwerk und dem übrigen Netz lag ein längeres 55 kV-Einphasenkabel, das auftreffende Schaltüberspannungen zum Werk reflektierte und aufschaukelte. Dies führte bei ungenügender Wicklungsisolation zu den genannten Schäden. Erst als man die Umspanner neu wickelte und die Isolation verbesserte, hörten die Schäden auf.

b. Schutzeinrichtungen

Die Schutzeinrichtungen an Maschinen und Leitungen sind die üblichen, wie auch aus Bild 1 zu entnehmen ist. Schutzeinrichtungen sind vorhanden gegen Überdrehzahl, Überstrom, Gestellschluß und Windungsschluß; an den Umspannern ist Stromdifferentialschutz, Erdschluß-Überstromschutz, Buchholzschutz, in den Unterwerken überdies noch ein später wieder ausgebauter Spannungsrückgangschutz vorgesehen.

An den Übertragungsleitungen ist ein Überstromschutz mit Zeitabhängigkeit, an den Fahrleitungen ein Überstromschutz eingebaut. Die räumliche Lage der Alpenländer und die Streckenführung ermöglichte eine unvermaschte Längenentwicklung der Übertragungsleitungen. In allen Kraft- und Unterwerken wurde nach Bild 2

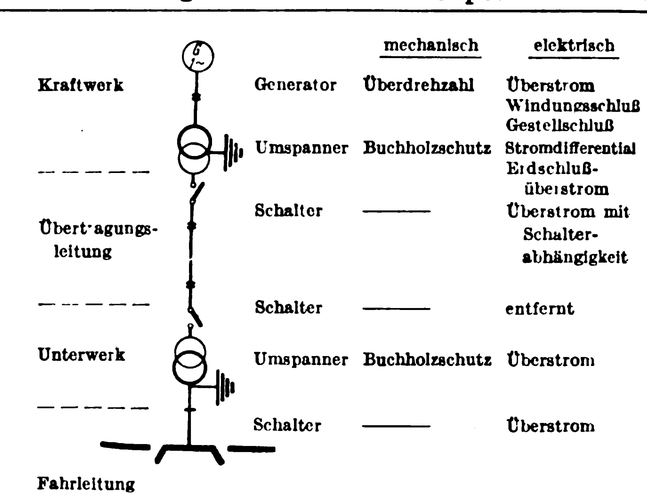


Bild 1. Vorhandene Schutzeinrichtungen.

die 55 kV-Leitung fortlaufend eingeschleift und durchgeführt.

Auffällig ist in obiger Zusammenstellung das Fehlen eines Selektivschutzes. Dieser konnte durch ein Staffelsystem ersetzt werden. Bei jedem Erdschluß werden in den Kraftwerken alle betroffenen Übertragungsleitungsschalter ausgelöst, wobei jedoch die nach Westen gerichteten Leitungen eine Zeitverzögerung von 2 s haben, so daß jedes Kraftwerk bei offenen Fahrleitungsspeisebereichen einen eigenen Abschnitt speist. Dadurch werden alle Leitungsabschnitte einseitig aufgeschnitten und von nur einem Kraftwerk versorgt. In dem beschädigten Teil bleibt aber der Erdschluß bestehen, so daß der betreffende Übertragungsleitungsschalter nach 2 s diesen Abschnitt endgültig abschaltet. Dadurch wird einerseits der Erdschlußstrom durch den Wegfall der anderen Kraftwerke vermindert, bedeutet er doch zufolge des festgeerdeten Nullpunktes der Umspanner einen einseitigen Phasenkurzschluß halber Spannung, anderseits bleibt der größte Teil des Netzes unter Spannung. Also kann sofort in jedem Kraftwerk, wenn es von Osten her Spannung bekommt, wieder synchronisiert werden. Dieser Netzschutz hat sich sehr gut bewährt.

Interessant ist die Fehlereingrenzung im Fahrleitungsnetz. Jeder Erdschluß ist ein mehr oder weniger satter Kurzschluß. Zum Prüfen nach dem Überstromauslösen eines Fahrlinienölschalters wird die Spannung von 15 kV über einen Vorwiderstand von 1500 bis 2000 Ω auf den gestörten Netzteil geschaltet. Bei festgestellten Dauererdschlüssen wird die Fehlerstelle durch schrittweises Abschalten der einzelnen Streckenabschnitte eingegrenzt. Ein Messen des Widerstandes zur Fehlerortbestimmung ist wegen des wechselnden Standortes der Lokomotivumspanner auf der Strecke nicht in eindeutiger Weise möglich.

c. Leitungen

Die ursprünglichen Entwürfe sahen Kraftwerkgruppen vor, die untereinander nicht gekuppelt werden sollten,

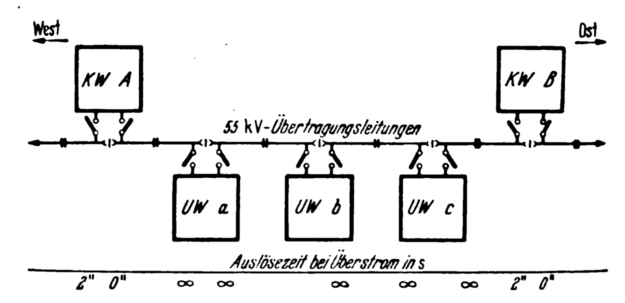


Bild 2. Grundsätzliche Schaltung der Kraft- und Unterwerke.

um Störungen örtlich zu begrenzen. Aus dem Parallelbetrieb ergaben sich aber nach Überwinden verschiedener Schwierigkeiten solche Vorteile, daß man von einem allgemeinen Parallelbetrieb aller Bahnkraftwerke nur im Störungsfalle abgeht.

Beim Beurteilen von Leitungsfragen für die Bahnstromversorgung muß auch die Unterschiedlichkeit der Energieverteilung bei 16⅔ Hz Bahnstrom und 50 Hz Industriestrom erwähnt werden. Die Frequenz von 16⅔ Hz ergibt nur ein Drittel der Leitungsinduktivitäten und Kapazitäten gegenüber 50 Hz. Das Widerstandsverhältnis von Blind- zu Wirkwiderstand der Leitungen, Generatoren und Umspanner liegt bei 50 Hz zwischen 1 und 10, bei 16⅔ Hz entsprechend zwischen ⅓ und 3. Dieses hohe Widerstandsverhältnis der Industrieleitungen läßt sich im Bahnbetrieb nur durch große Querschnitte und Leiterabstände erreichen. Das Maximum an Übertragungsfähigkeit hängt von der richtigen Wahl des Widerstandsverhältnisses für die Stromtransport-Entfernungen ab. Die ersten Leitungen wurden so bemessen, daß man daran dachte, sie in Gruppen zu betreiben. Da die Leitungsquerschnitte knapp bemessen wurden, mußte zur Querschnittsvergrößerung teilweise eine zweite Schleife verlegt werden.

Wenn die Laufwerkenergie von einem Werk zu einem andern verschoben werden soll, dann muß der Spannungsabfall dieses Wirkstromes durch einen entsprechenden Blindstrom in der Gegenrichtung wettgemacht werden, wenn die Spannung in beiden Netzteilen am Fahrdraht annähernd gleich gehalten werden soll. Um bei geringer eigener Wirkleistungsabgabe die Spannung zu halten, hat das betroffene Werk also neben seinem eigenen Blindstrombedarf noch den Ausgleichsblindstrom zu decken. Da der Spannungsabfall, gegeben durch Wirkstrom mal Wirkwiderstand, bei Spannungsgleichheit ungefähr gleich dem Spannungsabfall vom Blindstrom in der Gegenrichtung mal Blindwiderstand werden mußte, so ergab sich, daß — wegen des um zwei Drittel kleineren Widerstandsverhältnisses bei 16⅔ gegenüber der gleichen Leitung bei 50 Hz — auch der spannungsausgleichende Blindstrom dreimal so groß als üblich wurde. Abhilfemaßnahmen erstrecken sich erstens auf das Bereitstellen einer größeren Blindleistungserzeugungsmöglichkeit in dem Kraftwerk, zweitens auf Maßnahmen zur Erhöhung des Widerstandsverhältnisses. Die erwähnte Vergrößerung des Leitungsquerschnittes durch eine zweite Leitung brachte Abhilfe. Aber darüber hinaus wurden in der Leitung zwischen den beiden Werken nach Wahl schaltbare Reaktanzen aufgestellt, die den Blindwiderstand beträchtlich erhöhen können. Der Aufbau der Drosselspulen, die natürliche Ölkühlung haben, ist ähnlich dem eines Umspanners mit zweiteiligen Spulen; der Luftspalt ist zum Verringern der Streuung in die Schenkelmitte verlegt. Er besteht aus elf Luftstrecken von je 10 mm mit Preßspanfüllung. Die Magnetisierungslinie verläuft bis etwa 50 % des Nennstromes geradlinig und ist dann leicht abgebogen. Die Verhältnisse wurden durch die wahlweise einzuschaltenden Drosseln beim Stromtransport wesentlich gebessert und ergeben eine starke Entlastung des Blindstromlieferwerkes. In den später gebauten Leitungen treten unter normalen Umständen keine so großen Blindlastverschiebungen auf.

Das Erhöhen der Leitungsreaktanz verringert den Blindlasttransport, ermäßigt die Schwankungen der Blindbelastung, vermindert den Eingriff der Blindstrom-Gegenkompoundierung in das Spannungsniveau, führt aber auch verminderte Kurzschlußbeanspruchungen herbei. Im übrigen hat sich der Energieausgleich der Werke untereinander als ausreichend gezeigt. Die den Laufwerken zugeführten Wassermengen wurden möglichst voll ausgenutzt; das wertvolle Winterspeicherwasser konnte weitestgehend geschont werden.

Die Übertragungsleitungen in schneereichen Hochgebirgslagen mußten mit besonderer Sorgfalt gebaut werden. Bei der Planung wurden Erfahrungen der Einheimischen und verschiedener Bergführer verwertet. Die Lawinengänge wurden genau festgelegt und auch Einzelfälle dabei berücksichtigt. Die sorgfältige Auswahl zeigt sich in der Tatsache, daß nur wenig Schäden auftreten, da fast alle Lawinen zwischen den Masten durchrutschen. Die lawinengefährdeten Maste wurden überdies mit einem Bruchglied über dem Fundament ausgerüstet, so daß beim Wiedererrichten kein neues Fundament benötigt wird.

4. Betriebsstatistik

Bild 3 zeigt, daß die Störungsanfälligkeit der Kraftwerke nach den anfänglichen Betriebsstörungen gering ist; sie beträgt nur eine Störung im dritten Jahre. Desgleichen ist auch eine Störungsziffer von 5 % bei den Fernleitungen im Jahr gering.

Die Störungsursachen lassen sich aus Tafel 1 ersehen. Die Isolatorendurchschläge der alten Hewlettisolatoren hörten ganz auf, da diese durch Motorisolatoren ersetzt wurden. Interessant ist der ziemlich hohe Anteil von atmosphärischen Entladungen. Seilrisse traten vereinzelt durch Schwingungsermüdungserscheinungen an Aldreyseilen auf. Das Anbringen von Seildämpfungsklemmen schafft Abhilfe. Die Beobachtung zeigte, daß die in der Leitungsachse bestehende Windhauptrichtung zu stehenden Wellen Anlaß gab, die schließlich zu Ermüdungsbrüchen führten.

Die Kurzschlußziffer der Unterwerke, also Erdschlüsse mit Schalterauslösungen durch Überschläge

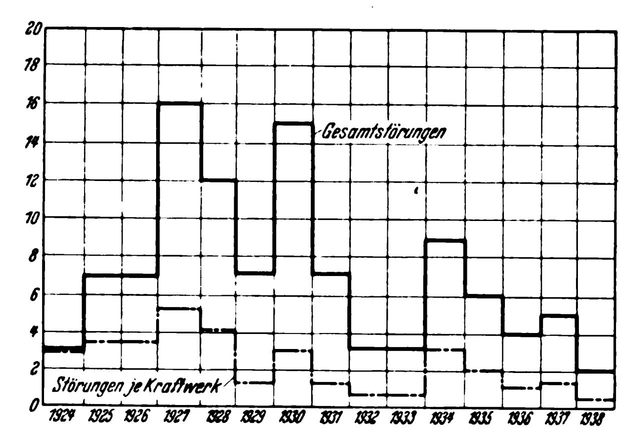


Bild 3. Verlauf der Störanfälligkeit der Kraftwerke.

Tafel 1. Störungsursachen an den Fernleitungen.

Jahr	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938
atmosphärische Entladungen	1	—	—	—	2	4	2	5	4	5	4	1	6	11	4
Schäden an Isolatoren	3	—	2	1	2	3	6	4	3	1	2	5	10	5	5
hiervon Überschläge	1	—	1	1	—	1	1	3	3	1	2	2	7	4	5
hiervon Durchschläge	—	—	—	—	1	2	4	1	—	—	—	1	1	—	—
hiervon Brüche	2	—	1	—	1	—	1	—	—	—	—	2	2	1	—
an metallischen Baustoffen	1	5	3	—	5	6	7	5	1	—	1	10	2	2	—
hiervon an den Seilen	1	5	3	—	4	4	3	4	1	—	1	9	1	2	—

Tafel 2. Störungsursachen an den Fahrleitungen.

Jahr	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938
an Isolatoren	34	16	12	19	24	32	19	45	26	23	33	17	22	31	34
hiervon Überschläge	—	—	—	17	18	20	18	31	16	17	23	13	11	11	10
hiervon Durchschläge	—	—	—	2	5	3	—	—	—	1	—	—	3	2	3
hiervon Brüche	—	—	—	—	1	9	1	14	10	5	10	4	8	18	11
an metallischen Baustoffen	—	6	10	14	24	27	28	26	17	29	27	54	31	33	14
hiervon Drähte und Seile	—	6	10	10	15	18	11	15	7	13	20	35	7	23	8
Vogelüberschläge	—	—	—	5	5	3	12	4	7	7	8	16	19	11	7
örtliche Störungen	6	26	19	14	25	24	37	23	14	8	7	16	15	14	8

an Lokomotiven, Befahren geerdeter Gleise, Vögel u. a., die keine Störungen längerer Zeitdauer hervorriefen, stiegen bis zu 1600 je Jahr und darüber. Der Anteil der Störungen an den Kurzschlüssen ist 10 % und kleiner. In Tafel 2 sind die Ursachen der Fahrleitungsstörungen ersichtlich. Ausgebaute Hewlettisolatoren aus dem Jahre 1912 zeigten z. B. zerdrückte Kerne, die wegen der doppelten Isolation gerade noch hielten. Der Motorisolator brachte große Verbesserungen; seiner Reinigung

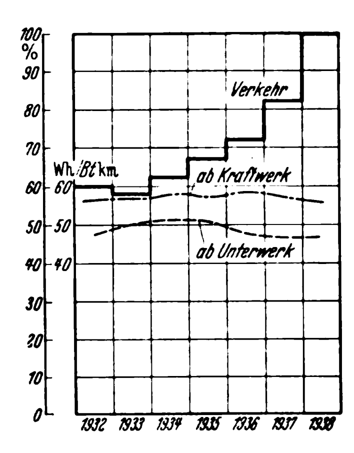


Bild 4. Jahresdurchschnittlicher Arbeitsverbrauch ab Kraftwerk bzw. ab Unterwerk.

bei gemischtem Betrieb von Elektro- und Dampflokomotiven ist erhöhtes Augenmerk zuzuwenden. Die gefährlichste Überschlagzeit ist bei tauendem Rauhreif und bei Nebelwetter.

Der Energiebedarf bei elektrischer Zugförderung je Bruttotonnenkilometer (Btkm) ist ab Kraftwerk bzw. Unterwerk im Sommer und Winter wegen der Heizung der Wagenzüge verschieden. Der Unterschied beträgt 8 bis 10 %. Im Mittel werden 50 Wh je Btkm ab Kraftwerk bzw. etwa 42 ab Unterwerk benötigt, wie Bild 4 erkennen läßt.

Zur vereinfachten und verbesserten Übersicht sind alle Zahlen auf den gleich 100 % gesetzten Wert der Ergebnisse des Jahres 1938 umgerechnet, so daß dadurch der Unterschied zwischen den Betriebsjahren 1924 bis 1937 der Österreichischen Bundesbahnen und dem ersten Anschlußjahr 1938 schärfer hervortritt. Letzteres ist eigentlich nur ein Dreivierteljahr und stellt erst das Anlaufjahr dar.

Die Unfallziffer im elektrischen Betrieb liegt, auf 100 km Streckenlänge bezogen, im Durchschnitt unter 1 je Jahr. Die absolute Zahl der Todesfälle beträgt ungefähr 2 im Gesamtnetz.

Zusammenfassung

Für einen etwa 15jährigen Betriebsabschnitt wurde über allgemeinwichtige Erfahrungen der Alpenwasserkräfte berichtet, wobei auch insonderheit verschiedene Fragen des eigentlichen Bahnbetriebes erörtert wurden.

Erdungswiderstand verschiedener Bodenarten

DK 621.316.993 : 552

Die Arbeit gibt einen Überblick über die Widerstandsverhältnisse der obersten Schichten des Bodens als Ergebnis der in den letzten Jahren von den Elektrizitätswerken des Kantons Zürich durchgeführten geoelektrischen Bodensondierungen[1]). Die meisten gesteinsbildenden Mineralien sind mit einem spezifischen Widerstand von 10^8 bis 10^{14} Ωm praktisch Nichtleiter. Der Widerstand der durch sie gebildeten Gesteine ist hauptsächlich abhängig vom Porenwassergehalt und der Leitfähigkeit des Porenwassers. Geringeren Einfluß haben die Gesteinsstruktur und gegebenenfalls Erzadern. Für den Porenwassergehalt sind das Porenvolumen der Untergrundstoffe und ihre Fähigkeit, Wasser aufzunehmen, festzuhalten und weiterzuleiten, sowie ihre Kapillarität maßgebend. Entsprechend der Wasseraufnahme werden vier Gesteinsgruppen unterschieden:

1. Granitgruppe mit Undurchlässigkeit, wenig Wasseraufnahmefähigkeit, kleinem Porenvolumen, hohem spezifischen Widerstand bis 70 000 Ωm und hoher Kapillarität,
2. Tone und Lehme mit großer Wasseraufnahme, geringem Vermögen, infolge Feinheit der Poren Wasser weiterzuleiten und spezifischem Widerstand von 14 bis 50 Ωm,
3. Löß und Schreibkreide mit großer Wasseraufnahme und langsamem Wasserleitungsvermögen,
4. Trümmergesteine, wie Kies und Sand mit großer Wasseraufnahme und hohem Leitvermögen, starkem Wechsel im Wassergehalt von 2 bis 25% und spezifischem Widerstand von 60 bis 3000 Ωm.

[1]) O. Munger, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 529; 5 S., 1 B.

Der Widerstand des Wassers hängt vom Elektrolytgehalt und von der Temperatur ab. Bei 18° C schwankt er für Grundwasser von 21 bis 41 Ωm und für Oberflächenwasser, wie Bäche, Flüsse und Seen, von 29 bis 203 Ωm. Für die Zusammenhänge zwischen Porenwassergehalt und Widerstand der betreffenden Bodenart wurde bei einem Modellversuch mit einem Gemisch von Sand und Kies gute Übereinstimmung mit der Gleichung von Hummel festgestellt:

$$\varrho_e = \frac{\varrho_w \cdot (3 - p)}{2\,p}$$

Dabei ist ϱ_e spezifischer Widerstand der Bodenart,
ϱ_w Widerstand des Porenwassers,
p Porenwassergehalt in % von der Festmasse.

Mit dieser Formel sind Zu- oder Abnahme des Porenwassergehaltes infolge Änderung des Grundwasserspiegels, Änderung der Leitfähigkeit des Porenwassers infolge Eindringens von Oberflächenwasser (Bach- oder Flußwasser) und Änderung der Leitfähigkeit des Porenwassers durch Temperaturschwankungen berechenbar. Die Arbeit bringt Zahlentafeln für verschiedene Bodenarten und für Temperaturänderungen sowie Schrifttumsangaben, ferner einige Meßverfahren. Auf die deutschen Veröffentlichungen der letzten Jahre[2]) wird leider nicht Bezug genommen. *F. D.*

[2]) V. Fritsch, Zur Frage des Widerstandes von Blitzableitererdern in gebirgigem Gelände. ETZ 61 (1940) S. 739. — Die Anlage von Erden und die Messung ihres Widerstandes. Elektr. Nachr.-Techn. 17 (1940) S. 77. — J. Krönert, Messungen von Erdwiderständen. Arch. techn. Messen (1932) T 2, V 35 192 — 1. — P. M. Pflier, Messungen von Erdungswiderständen. Arch. techn. Messen (1933) V 35 192 — 1.

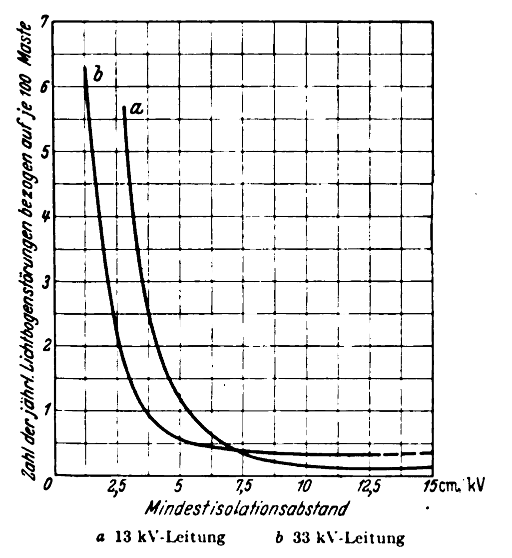
RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.316.1.041

Mindestisolationsabstände für Mittelspannungsleitungen. [Nach H. N. Ekvall, Electr. Engng. 60 (1941) Transactions S. 128; 4 S., 6 B.]

Die Erfahrungen mit den auf Holzmasten und Stützenisolatoren verlegten Leitungen der Philadelphia Electric Co. für 33 und 13 kV hatten die dem Blitzüberschlag folgenden Leistungslichtbögen als hauptsächliche Störungsquelle erwiesen, wogegen der Blitz selbst außer leichtem Zersplittern der Masten und Querarme selten größere Schäden anrichtete. Das Verhindern der Entstehung von Leistungslichtbögen schien daher einen guten Blitzschutz zu ermöglichen. Hierzu wurden die ursprünglichen Lichtbogenschlagweiten längs der Masten und Querarme verlängert, indem die Isolation zwischen den Phasen und zwischen jeder Phase und Erde erhöht wurde. Zum Festlegen der Isolationsstärke der verschiedenen Mastausführungen erwiesen sich die Isolationslänge im Lichtbogenpfad und die Spannung längs dieses Pfades bei Betriebsfrequenz als hauptsächlich bestimmend. Bei der Vielgestaltigkeit der Mastausführungen mußte ferner, um zu einer Vergleichsgrundlage zu gelangen, die Zahl der Störungsfälle auf diese verschiedenen Mastausführungen unter Berücksichtigen der unterschiedlichen Länge ihrer Querarme, der Isolatorengröße, der Lage des Erdseiles u. a. im einzelnen, statt wie sonst üblich, auf die Leitungslänge bezogen werden. Insgesamt wurden 20 000 Masten untersucht. Als Isolationslänge galt die Summe der Isolationslängen der Porzellan- und Holzisolation und als Maß der Isolationsfestigkeit die Isolationslänge in cm je kV Betriebsspannung. Nachdem auf diese Weise für jede Mastausführung der geringste Isolationsabstand in cm je kV ermittelt worden war, galt es, diese Mastausführungen nach ihrer Störanfälligkeit einzuordnen, die während der letzten 5 Jahre von 1935 bis 1939 statistisch ermittelt worden war. Bild 1 zeigt für die 33- und 13 kV-Leitungen in Schaulinien die Zahl der jährlichen Lichtbogenstörungen, bezogen auf je 100 Maste, in Abhängigkeit von dem festgesetzten Mindestisolationsabstand in cm je kV. Masten mit doppelten Stromkreisen wurden hierbei doppelt gezählt. Auf Grund dieser Schaulinien, die einen annähernd gleichen Verlauf haben, wurden für die 33 kV-Leitungen 5 cm je kV und für die 13 kV-Leitungen 8,75 cm je kV als ausreichende Mindestabstände festgelegt. Dementsprechend wurden die Masten, die Anordnung der Isolatoren auf ihnen u. a. verändert. Größere Mindestabstände würden wesentliche Umgestaltungen der bestehenden Mastausführungen erforderlich gemacht haben, ohne die Störanfälligkeit erheblich zu verringern. Derartige Schaulinien erscheinen besonders geeignet, zu entscheiden, inwieweit sich Änderungen der Mastausführungen und der Mindestabstände der Isolation wirtschaftlich rechtfertigen lassen. Die auf Grund dieser Feststellungen vorgenommenen



a 13 kV-Leitung *b* 33 kV-Leitung

Bild 1. Anfälligkeit von 13- und 33-kV-Leitungen gegen Lichtbogenstörungen infolge von Blitzüberschlägen.

Verbesserungen bestanden in der Entfernung, Verlegung oder Isolation der Mastabspannungen, Ersatz metallischer Mastverbindungsteile durch solche aus Holz, Verwenden von Bedienungsgestängen aus Holz oder Porzellan bei den Lufttrennschaltern, Umbau der End- und Eckmasten, Höherlegen der Mittelphase u. a., wodurch eine zusätzliche Holzisolation zwischen den Phasen und zwischen jeder Phase und Erde herbeigeführt werden konnte. Hauptsächlich infolge dieser Verbesserungen verringerte sich die Zahl der Störungen bei Gewittern im 13 kV-Netz gegenüber der im Jahre 1935 im vergangenen Jahr um 75% und im 33 kV-Netz um 62%. *O. N.*

DK 621.315.211.3

Eine 110 kV-Ölkabelanlage. [Nach H. E. Carson, Electr. Wld., N. Y. 114 (1940) S. 989; 3½ S., 7 B.]

Zur Einführung einer 110 kV-Freileitung in die im Stadtinnern von Providence, der Hauptstadt von Rhode Island, gelegene Hauptverteilerstation dient über eine Entfernung von etwa 4,5 km eine 110 kV-Ölkabelanlage für 100 000 kVA Übertragungsleistung. Das aus drei Einleiterkabeln bestehende System ist, abgesehen von einer 200 m langen Flußkreuzung, in Rohrblöcken mit der Anordnung von 3 mal 3 Rohren von 10 cm Dmr. verlegt, damit bei erforderlicher Erweiterung ein zweites gleiches System und im Falle von Beschädigungen für jedes System je eine Reservephase nachträglich leicht eingezogen werden können. Das 9. Rohr nimmt ein Signalkabel und ein Erdkabel zum Ableiten von Bleimantel-Induktions- und Korrosionsströmen auf. Um eine vollständige Trennung der bereits ausgebauten und der zukünftigen zweiten Anlage zu erreichen, sind für die Muffen durch Zwischenwände getrennte Doppelkammern vorgesehen. Insgesamt wurden für Normalmuffen 28 und für Sperrmuffen 4 solcher Doppelkammern gebaut. Für die Flußkreuzung wurden bewehrte Kabel, gleichzeitig auch eine Reservephase ohne Schutzrohre verlegt und an den Ufern in Landekammern ohne Muffen eingezogen. Die wichtigsten Werte des Kabelaufbaues sind: Hohlleiter mit 12,7 mm l. W., Leiterquerschnitt 250 mm² Cu, Papierisolation 12 mm, Bleimantel 3,2 mm, Außendurchmesser 57 mm; das Flußkabel hat 500 mm² Leiterquerschnitt mit Rücksicht auf die größeren Induktionsströme in Bleimantel und Bewehrung, einen Bleimantel von 3,8 mm Dicke und 90 mm Außendurchmesser. Der für den Bleimantel höchst zulässige Öldruck wird mit 1,05 atü angegeben, so daß sich daraus unter Berücksichtigung der Höhenunterschiede die Unterteilung der Strecke in 5 Speiselängen von etwa 900 m ergibt, während der erforderliche Mindestöldruck entsprechend dem Strömungswiderstand 0,42 atü beträgt. Dort, wo kein natürliches Gefälle vorhanden ist, stehen die Ölbehälter unter CO_2-Gasdruck. Die Bleimäntel der Kabel sind an den Muffen durch Isolierringe unterbrochen, da bei 500 A die induzierte Bleimantelspannung bei einer durchschnittlichen Einzellänge von etwa 130 m mit 12 V errechnet und dieser Wert als maximal zulässig betrachtet wurde. Bei größeren Einzellängen wurden die Bleimäntel über eine Drossel geerdet. Bei den kleineren Längen sind die Bleimäntel an den Enden kurzgeschlossen und direkt mit dem Erdkabel verbunden. Da Fehlermöglichkeiten in erster Linie bei den Sperrmuffen in Betracht zu ziehen sind, wurde mit Hilfe der für die Ölspeisung verwendeten CO_2-Flaschen und geeigneter Temperaturrelais in den Sperrmuffenkammern eine selbsttätige Feuerschutzeinrichtung geschaffen. Der Montagezeitaufwand betrug bei 2 mal 4 Mann in achtstündigem Schichtwechsel für eine Normalmuffe 20, für eine Sperrmuffe 40, für einen Endverschluß 60 h. Ein neunstündiger Kurzschlußversuch mit Nennstrom bestätigte das Einhalten der garantierten Übertemperatur von 30° bei 20° C Umgebungstemperatur. *ne.*

Elektrische Maschinen

DK 621.313.17

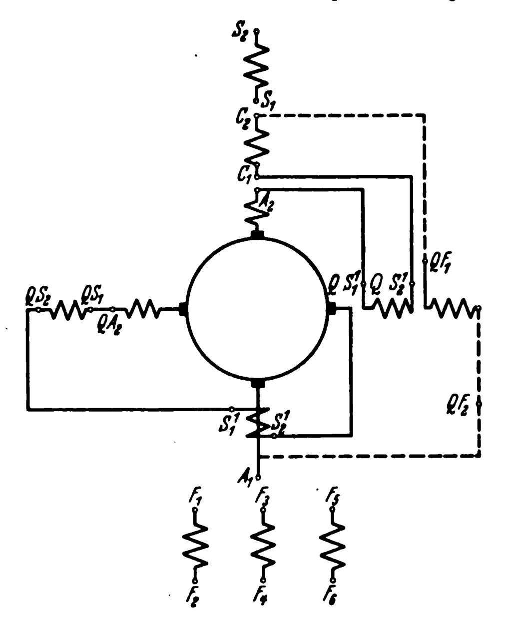
Entwurf und Kennlinien des Verstärker-Generators (Amplidyne). [Nach A. Fisher, Gen. electr. Rev. 43 (1940) S. 107; 7 S. 12 B.]

Die wesentlichen Eigenschaften des in zwei Stufen arbeitenden dynamoelektrischen Verstärkers werden besprochen, und zwar in bezug auf Ansprechempfindlichkeit, Ansprechgeschwindigkeit und Stabilität. Die aus früheren Veröffentlichungen der gleichen Zeitschrift[1]) bekannte Schaltung dieser

[1]) ETZ 62 (1941) S. 395.

Querfeldmaschine erhält in beiden Achsen zusätzliche Wicklungen, durch die die Eigenschaften abgeändert und in bestimmten Richtungen verbessert werden. Zu den beiden Wicklungen auf dem Gehäuse, die in der ursprünglichen Schaltung vorhanden sind, nämlich der Steuerwicklung F_1 F_2 in der primären senkrechten Achse, in der die Nutzbürsten stehen (Bild 2), und der in gleicher Achse liegenden Kompensationswicklung C_1 C_2 des Nutzstroms treten außer den Wendepolwicklungen A_2 und QA_2 in beiden Achsen noch folgende Wicklungen nach Bedarf hinzu: eine Nebenschlußwicklung QF_1 QF_2, zwei Reihenwicklungen $QS_1\,QS_2$ und $QS_1'\,QS_2'$, beide in der Querachse, und eine Reihenwicklung S'_1 S'_2 in der primären senkrechten Achse. An einem schematischen Amperewindungsdiagramm wird das Zusammenwirken dieser Wicklungen mit dem Anker klargelegt und besonders der Feldaufbau in den 4 Teilpolen der elektrisch zweipoligen Maschine behandelt. Der Verstärkungsfaktor A ist das Verhältnis der Ausgangs-Nutzleistung V_3 I_3 zur primären Steuerleistung V_1 I_1 und wird aus zwei Teilfaktoren gebildet, dem ersten $E_2\,I_2 : E_1\,I_1$ = Leistung des Querkreises zur Leistung des Primärkreises, und dem zweiten $V_3\,I_3 : E_2\,I_2$ = Nutzleistung zur Leistung des Querkreises. Die neu eingeführte Nebenschlußwicklung des Querkreises ergibt ein Verringern der Stromstärke I_2 des Querkreises, verringert die Verluste und erhöht den Verstärkungsfaktor A. Zusammen mit der Serienwicklung im Querkreis verbessert sie die ungleiche Stromverteilung in den verschiedenen Ankervierteln. Das Polgehäuse wird im Interesse schnellen Feldaufbaues aus lamellierten Blechen angefertigt. Die wichtige Kompensationswicklung im Nutzstrom umgreift entweder alle Teilpole einzeln oder zwei benachbarte Teilpole gemeinsam. Die Leerlauf- und Belastungskennlinien eines 4 kW-Verstärkers zeigen bei einer Eingangsleistung (Steuerleistung primär) von 13 V mal 17 mA eine Nutzleistung von 200 V mal 20 A und danach A = 18 000 als Verstärkungszahl. Diese Werte ergeben sich aber nur als stationäre Gleichstromwerte.

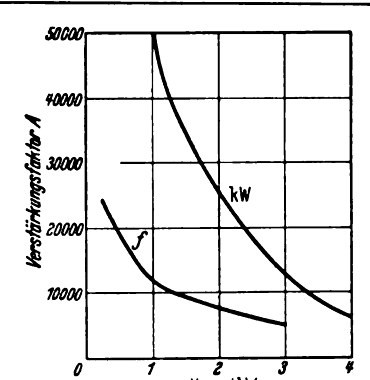
Der weitere Teil des Aufsatzes befaßt sich mit dem für Regelzwecke wichtigen Verhalten bei Stromänderungen, wobei nachgewiesen wird, daß die Arbeitsweise bei kleinen Wechselstromfrequenzen von einigen Hz der Regelpraxis am besten entspricht. Für trägheitsfreies Arbeiten ist danach zu streben, den Maschinenstromkreis, der die größte Zeitkonstante besitzt, zu beeinflussen. Die Forderung nach hohem Verstärkungsfaktor A wird durch die Nebenschlußquerwicklung wesentlich



senkrechte Achse = Achse des primären Steuerfeldes F_1 F_2, F_3 F_4, F_5 F_6 primäre Steuerfelder
A_2 Wendepolfeldwicklung in der senkrechten Achse für Nutzbürsten
C_1 C_2 Kompensationswicklung in der senkrechten Achse für Nutzbürsten
S_1 S_2 und S_1' S_2' Reihenschlußfelder in der senkrechten Achse

waagrechte Achse = Querfeldachse
QA_1 Querbürsten
QA_2 Wendepolwicklung für Querbürsten
QF_1 QF_2 Nebenschlußwicklung in der Querachse
QS_1 QS_2 und QS_1' QS_2' Reihenschlußfelder in der Querachse

Bild 2. Lage und Art der zusätzlichen Wicklungen eines zweipoligen Verstärkergenerators.



Abhängigkeit des Verstärkungsfaktors A von der Belastung $A = f$ (kW) und von der Frequenz $A = f\,(\nu)$ mit ν in Hz.

Bild 3. 4 kW-Verstärkergenerator.

gefördert, geht jedoch etwas auf Kosten der Ansprechgeschwindigkeit. Für eine Anordnung ohne Nebenschlußquerwicklung entnimmt man den Kurven der 4 kW-Maschine einen Verstärkungsfaktor von 6000 und $^1/_{15}$ s Verzögerung der Ausgangsspannung V_3 gegen den Steuerstrom I_1 bei plötzlichem Einschalten des vollen Steuerstromes, und $^1/_9$ s bei Einschalten der vollen Steuerspannung.

In einer analytischen Behandlung des Einschaltproblems wird der Einfluß der Zeitkonstanten des primären Steuerkreises und des Querkreises nachgewiesen und ein Vektordiagramm der Spannungen und Ströme beider Kreise und des Nutzkreises für Wechselstrom aufgestellt. Die Prüffeldkurven Bild 3 zeigen oben die Abhängigkeit des Verstärkungsfaktors A von der Nutzlast, A = f (kW), aufgenommen an dem 4 kW-Verstärker, und unten die Abhängigkeit des Verstärkungsfaktors A von der Frequenz in Hz für eine Teillast, die bei Gleichstrom A = 30 000 liefert. Erhöhter Verstärkungsfaktor A wird erreicht durch Ausbilden der Kompensationswicklung als verteilte gut abgestimmte Wicklung, ferner durch kleine Verluste, niedrige magnetische Induktion und kleinen Luftspalt. Gegenüber normalen Gleichstrommaschinen wird hierdurch bei bestimmtem Modell die Typenleistung kleiner, der Wirkungsgrad meist etwas höher. Abschließend betont der Verfasser nochmals, daß die Wirkungsweise bei Wechselstrom kleiner Frequenz das eigentliche Kriterium für die Bewährung bei Regelproblemen elektrischer Antriebe bildet, und daß die Bemessung in erster Linie hierauf ausgerichtet werden muß. *Mnh.*

Verkehrstechnik

DK 629.113.62 (494)

Die 1000 V-Obusse der Rheintalischen Straßenbahnen. [Nach H. Werz, Sécheron-Mitt. (1940) Nr. 12, S. 1; 7 S., 9 B.]

Die Anlage stellt den ersten neuzeitlichen Überland-Obusbetrieb in der Schweiz und die erste Obusanlage mit 1000 V Gleichspannung in der Welt dar. Anlaß zur Verwendung der hohen Betriebsspannung war einerseits der Wunsch nach Weiterverwendung der von der Straßenbahn her stammenden Gleichrichteranlage (die durch den Obus ersetzte Straßenbahn wurde gleichfalls mit 1000 V betrieben) und anderseits die Einsparung von Unterwerken; die 11 km lange Linie wird nur in zwei Punkten gespeist. Spätere Spannungserhöhung auf 1500 V ist beabsichtigt. Die elektrische Ausrüstung der Anlage wurde daher für 1500 V mittlere und 1750 V maximale Spannung bemessen. Die Umstellung sollte nach den Baubedingungen lediglich das Umblechen und Umwickeln der Motoranker erfordern dürfen. Weiterhin sollte aus Freizügigkeitsgründen Dreikraft-Betrieb möglich sein, und zwar Betrieb mit

1. Stromentnahme aus der Fahrleitung als Normalfall,
2. Strom aus der Wagenbatterie zum Notantrieb,
3. Strom aus einer kalorischen Kraftanlage im Anhänger für späteren Ausbau verkehrsschwacher Linien.

Die 60 Personen fassenden Zweiachs-Eindeck-Obusse fahren mit 24 km/h Reisegeschwindigkeit. Die hohe Betriebsspannung gab Anlaß zur Verwendung eines 80 kW-Doppelmotors; dieser ist als Reihenschlußmotor mit 1375 U/min und zwei elektrisch getrennten Motorhälften im gemeinsamen Ständergehäuse ausgebildet, dessen Hälften dauernd in Serienschaltung bleiben. Reihenparallel-Anfahrschaltung wurde mit Rücksicht auf die hohe Betriebsspannung nicht gewählt. Die Steuerung geschieht durch elektro-pneumatische Schütze, die bei großem Schaltdruck und hoher Schaltgeschwindigkeit kleines Gewicht und große Betriebssicherheit bei geringer Unterhaltung aufweisen. Elektrische Kurzschlußbremsung ist vorgesehen. Der Schutz gegen Berührungsspannungen erfolgt im wesentlichen durch doppelte Isolation und den Zusammenbau der Geräte in zwei geschlossenen Kästen. Eine besondere Isolations-Prüfeinrichtung besteht aus einem Isolationsmesser und dazugehörigen Prüfumschaltern. *A. Hs.*

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Sicherungswesen

Der Ausschuß für Sicherungswesen hat einen neuen Entwurf zu

VDE 0635 „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A"

aufgestellt. Dieser Wortlaut ist der neuen Fassung von VDE 0641 „Leitsätze für Leitungsschutzschalter bis 25 A 380 V" angepaßt worden. Erweiterungen gegenüber der bisherigen Fassung von VDE 0635 sind u. a. in den §§ 6 und 15 vorgenommen. Die neue Fassung von VDE 0635 soll am 1. Oktober 1941 in Kraft treten.

Abzüge des Entwurfes können bei der Geschäftstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Berlin-Charlottenburg, Bismarckstraße 33, angefordert werden.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftstelle bis zum 18. September 1941 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Der Geschäftsführer

Viefhaus

AEF

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen

Berlin-Charlottenburg 9, Akazienallee 32

Fortsetzung von S. 752

Noch nicht endgültig

Aufg. 51. Magnetische Größen [1]

1. Magnetische Induktion (Flußdichte)

Ein kleiner Drahtkreis von der Fläche F und dem elektrischen Widerstande R werde aus einem magnetischen Feld entfernt. Wird dabei die Elektrizitätsmenge $Q = B_n F/R$ in Umlauf versetzt, so heißt der Faktor B_n „Komponente der magnetischen Induktion" in der Richtung der anfänglichen Normale des Drahtkreises. Der Richtungssinn der Normale ist so zu wählen, daß er mit dem Umlaufsinn der Elektrizitätsmenge Q eine Rechtsschraube bildet.

Aus drei ebenenfremden Komponenten ergibt sich die magnetische Induktion $\mathfrak{B}$ an der betrachteten Stelle.

Zur Bestimmung der magnetischen Induktion in einem Medium (z. B. im Eisen) kann man den Drahtkreis in enge scheibenförmige Schlitze bringen und wie vorher jedesmal die Komponente B_n der Induktion senkrecht zum Schlitz bestimmen.

2. Magnetischer Fluß

Das Integral der magnetischen Induktion erstreckt über eine Fläche heißt „magnetischer Fluß durch diese Fläche".

[1] Bearbeitet von H. Dießelhorst, F. Emde und J. Wallot.

3. Induktionskonstante

Das Linienintegral der magnetischen Induktion erstreckt über den ganz im leeren Raum liegenden Rand einer beliebigen Fläche ist erfahrungsgemäß proportional der elektrischen Durchflutung Θ dieser Fläche:

$$\oint \mathfrak{B}\, d\mathfrak{r} = \mu_0 \int \mathfrak{i}\, d\mathfrak{f} = \mu_0 \Theta, \qquad (1)$$

wo $\mathfrak{i}$ die Stromdichte, $\mathfrak{r}$ den Radiusvektor nach einem Punkt des Randes, $d\mathfrak{f}$ das vektorische Element der Fläche bedeuten. Die universelle Konstante μ_0 ist ein Erfahrungswert und heißt „Induktionskonstante".

4. Magnetische Feldstärke

Im leeren Raum heißt das Verhältnis $\mathfrak{H} = \mathfrak{B}/\mu_0$ „magnetische Feldstärke". Im leeren Raum gilt also nach (1) der „Durchflutungssatz":

$$\oint \mathfrak{H}\, d\mathfrak{r} = \int \mathfrak{i}\, d\mathfrak{f} = \Theta. \qquad (2)$$

Zur Bestimmung der magnetischen Feldstärke in einem Medium kann man einen engen fadenförmigen Kanal bohren und in ihm die in seiner Richtung t liegende Komponente B_t der magnetischen Induktion messen. Dann ist $H_t = B_t/\mu_0$ die Komponente der magnetischen Feldstärke in dieser Richtung.

Aus drei ebenenfremden Komponenten ergibt sich die magnetische Feldstärke an der betrachteten Stelle. Für sie gilt der Durchflutungssatz allgemein.

5. Magnetische Spannung

Das Integral der magnetischen Feldstärke erstreckt über einen Weg heißt „magnetische Spannung längs dieses Wegs".

6. Permeabilität

Das Verhältnis der Induktion $\mathfrak{B}$ zu der Feldstärke $\mathfrak{H}$ heißt „absolute Permeabilität" („absolute magnetische Durchlässigkeit") an der betrachteten Stelle. Die Induktionskonstante μ_0 wird deshalb auch als „absolute Permeabilität des leeren Raums" bezeichnet.

Das Verhältnis der absoluten Permeabilität zu der Permeabilität des leeren Raums heißt „relative (bezogene) Permeabilität".

Zur Bezeichnung der Permeabilität dient der Buchstabe μ. Er kann, wenn keine Verwechslungen zu befürchten sind, sowohl für die absolute wie für die relative Permeabilität benutzt werden. Wenn beide Permeabilitäten nebeneinander vorkommen, so daß eine unterscheidende Bezeichnung nötig wird, kann μ_{abs} für die absolute und μ_{rel} für die relative Permeabilität gesetzt werden. Es ist also:

$$\mathfrak{B} = \mu_{abs} \mathfrak{H} = \mu_0 \mu_{rel} \mathfrak{H}. \qquad (3)$$

Auch die Vorsätze „absolute" und „relative" vor dem Wort Permeabilität dürfen weggelassen werden, wenn dadurch keine Unklarheit entsteht.

Bei ferromagnetischen Stoffen bezieht sich die hier definierte Permeabilität auf die Neukurve oder auf die Kommutierungskurve. Für Wechselstrom ist die Permeabilität der Ferromagnetika im allgemeinen komplex (Wechselfeldpermeabilität).

7. Magnetisierung

Die Differenz

$$\mathfrak{J} = \frac{\mathfrak{B}}{\mu_0} - \mathfrak{H} \qquad (4)$$

heißt „Magnetisierung".

Bisher hat man unter „Magnetisierung" meist die Größe $\mathfrak{M} = \mu_0 \mathfrak{J}$ verstanden. Diese soll zur Unterscheidung künftig „magnetische Polarisation" heißen.

8. Magnetische Suszeptibilität

Das Verhältnis der Magnetisierung zu der magnetischen Feldstärke heißt „(magnetische) Suszeptibilität" („magnetische Aufnahmefähigkeit").

Der in den Tafeln stehende Zahlenwert $\varkappa$ der Suszeptibilität wird berechnet als das Verhältnis des Zahlenwerts der Magnetisierung in Ampere je Millimeter zu dem Zahlenwert der Feldstärke in Örsted (vgl. Aufg. 52):

$$\varkappa = \frac{\mathfrak{J}/(\mathrm{A/mm})}{\mathfrak{H}/\mathrm{Ö}} = \frac{1}{4\pi}\left(\frac{\mathfrak{B}}{\mu_0\mathfrak{H}} - 1\right) = \frac{\mu_{\mathrm{rel}} - 1}{4\pi}. \qquad (5)$$

9. Eingeprägte magnetische Feldstärke und eingeprägte magnetomotorische Kraft

Will man die bleibende (remanente) Magnetisierung berücksichtigen, so kann man näherungsweise

$$\mathfrak{B} = \mu_\Delta(\mathfrak{H} + \mathfrak{H}^e) = \mu_\Delta\mathfrak{H} + \mathfrak{M}_p \qquad (6)$$

setzen. Die Feldstärke $\mathfrak{H}^e$ heißt „eingeprägte magnetische Feldstärke", die Induktion $\mathfrak{M}_p$ „Permanenz". $\mathfrak{H}^e$, $\mathfrak{M}_p$ und die „Überlagerungspermeabilität" μ_Δ können in einem begrenzten Bereich der $\mathfrak{B}$-$\mathfrak{H}$-Ebene als konstant angesehen werden. Für sehr kleine Änderungen der Feldstärke geht μ_Δ in die „reversible Permeabilität" über.

Das Linienintegral der eingeprägten magnetischen Feldstärke, genommen über ein ferromagnetisches Stück eines magnetischen Kreises (über ein „Ferrikum") heißt „eingeprägte magnetomotorische Kraft des Ferrikums".

10. Magnetisches Moment

Ein Magnetstab, der in ein homogenes magnetisches Feld im Vakuum gebracht wird und dessen Achse senkrecht zu den Feldlinien gerichtet ist, erfährt ein Drehmoment. Unter dem Betrag seines „magnetischen Moments" versteht man das Verhältnis des Betrags dieses Drehmoments zu dem Betrag der magnetischen Induktion des Feldes.

Die Magnetisierung eines gleichförmig magnetisierten Stabes ist das Verhältnis seines magnetischen Moments zu seinem Rauminhalt.

Erläuterungen

Allgemeines. Dem Entwurf, der eine Neufassung des in der ETZ 51 (1930) S. 625 veröffentlichten Entwurfs 34 darstellt, liegt die Voraussetzung zugrunde, daß die mechanischen Größen und die nichtmagnetischen Größen der Elektrizitätslehre bereits definiert sind (vgl. Aufg. 57). Auf dieser Grundlage werden Definitionen aufgebaut, die so aufeinander folgen, daß durch jede von ihnen eine und nur eine Größe neu eingeführt wird. Die so gewonnene Folge von Definitionen ist sehr übersichtlich, und man kann die Dimensionen der neu eingeführten Größen unmittelbar aus ihren Definitionsgleichungen ablesen.

So ist z. B. die magnetische Induktion nach Nr. 1 eine Elektrizitätsmenge multipliziert mit einem elektrischen Widerstand geteilt durch eine Fläche, die magnetische Feldstärke nach Nr. 4 eine Durchflutung geteilt durch eine Länge. Die Permeabilität hat daher nach Nr. 6 die Dimension

$$\frac{\text{Elektrizitätsmenge mal Widerstand}}{\text{Durchflutung mal Länge}} \text{ oder } \frac{\text{Spannung mal Zeit}}{\text{Strom mal Länge}}.$$

Nach den Definitionen des Entwurfs ist die Permeabilität also eine Größe mit Dimension.

Es ist nicht überflüssig, darauf hinzuweisen, daß in gleich eindeutiger Weise auch noch andere Definitionen gegeben werden könnten. So könnte man z. B. auch der Größe $\mu_0\,\mathfrak{H} = \mathfrak{H}'$ den Namen „magnetische Feldstärke" geben und von der Benutzung des Begriffs der absoluten Permeabilität ganz absehen. Dann hätte nach Nr. 6 die „magnetische Feldstärke" dieselbe Dimension wie die magnetische Induktion. Bei dieser Art zu definieren bliebe aber die Gleichung (1) erhalten. Die Induktionskonstante μ_0 bliebe nach wie vor eine wichtige Naturkonstante; sie träte nur in andern Gleichungen auf, z. B. im Durchflutungssatz (2), der die Form

$$\oint \mathfrak{H}'\, d\mathfrak{r} = \mu_0 \int \mathfrak{i}\, d\mathfrak{f} = \mu_0\,\Theta$$

annähme.

Der AEF hat die Definition einer magnetischen Feldstärke $\mathfrak{H}'$ nicht deshalb verworfen, weil er sie für anfechtbar hielte, sondern weil er glaubt, daß das von ihm angenommene Definitionssystem zweckmäßiger ist und mehr dem bisher überwiegenden Gebrauch entspricht.

Bei den durch die Gleichungen (1), (2) und (4) ausgedrückten Grunddefinitionen gibt es zwei Schreibweisen, die hier benutzte rationale und die nichtrationale. Beim Übergang zur nichtrationalen Schreibung nehmen die genannten Gleichungen die folgenden Formen an[1]):

$$\oint \mathfrak{B}\, d\mathfrak{r} = 4\pi\mu_0 \int \mathfrak{i}\, d\mathfrak{f} = 4\pi\mu_0\Theta,$$

$$\oint \mathfrak{H}\, d\mathfrak{r} = 4\pi \int \mathfrak{i}\, d\mathfrak{f} = 4\pi\,\Theta,$$

$$\mathfrak{J} = \frac{1}{4\pi}\left(\frac{\mathfrak{B}}{\mu_0} - \mathfrak{H}\right).$$

Der AEF hat sich schon vor längerer Zeit aus einer Reihe von Gründen für die rationale Schreibweise entschieden. Diese Entscheidung hat zur notwendigen Folge, daß die Zahl 4π in einer — glücklicherweise nur geringen — Zahl von Einheitenbeziehungen auftritt. Näheres in Aufg. 52.

Der Entwurf „Größen des elektrischen Feldes" (Aufg. 57) stellt ein möglichst genau entsprechendes Gegenstück zu dem vorliegenden Entwurf dar. Die Unterschiede, die zwischen den beiden Folgen von Definitionen noch bestehen, rühren davon her, daß sich die elektrischen und die magnetischen Felder im Grunde doch nicht vollkommen entsprechen.

Insbesondere gibt es zweifellos zu den Elektronen und Positronen kein magnetisches Gegenstück. Da aber trotzdem die „magnetischen Mengen" („Polstärken") als Rechengrößen unentbehrlich sind, werden sie am Schlusse dieser Erläuterungen wenigstens kurz erwähnt.

Zu 1. Die magnetische Induktion kann auch durch das auf eine kleine stromdurchflossene Prüfspule ausgeübte Drehmoment definiert werden. Nur der Einfachheit halber hat sich der AEF auf die Definition durch die Induktionswirkung des Feldes beschränkt.

Zu 4. Man kann die magnetische Feldstärke auch unmittelbar mit Hilfe einer kleinen zylindrischen Spule messen, deren Durchmesser klein ist gegen ihre Länge. Bringt man die Spule an den Ort der Messung und gleicht den in ihr fließenden Strom so ab, daß das von ihm erzeugte Feld das gegebene Feld kompensiert, so ist der Strombelag der Spule (DIN 1321) dem Betrage nach gleich der Komponente der magnetischen Feldstärke in Richtung der Spulenachse. Vgl. z. B. G. Mie, Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus, 2. Aufl., Stuttgart 1941, S. 364.

Für die Definition der magnetischen Feldstärke in einem Medium ist es wesentlich, daß die bei der Definition benutzten (Kelvinschen) Höhlungen leer sind, so daß die bei der Definition benutzte Konstante μ_0 eine in Nr. 3 bereits definierte Größe ist.

Zu 3. und 6. Der im Jahre 1930 veröffentlichte Entwurf bezeichnet die Induktionskonstante mit Π. Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) hat jedoch im Jahre 1935 in Scheveningen für diese Größe das Zeichen μ_0 festgesetzt.

Der AEF hält es nicht für zweckmäßig, für die Benennung und Bezeichnung der Permeabilitäten allzu scharfe Vorschriften zu geben. Volle Einheitlichkeit wird sich doch nicht erreichen lassen. Auch in Zukunft wird die „Permeabilität μ" in theoretischen Betrachtungen häufig als eine absolute Größe, auf vielen andern Gebieten dagegen — z. B. durchgängig auf dem Gebiete der Erzeugung, Erforschung und Messung ferromagnetischer Werkstoffe — als eine relative Größe aufgefaßt werden.

Dieser Mangel an Einheitlichkeit ist unbedenklich, da nur in Ausnahmefällen Zweifel über die Bedeutung eines Wortes oder Zeichens möglich sein werden. Bei der Zahlenrechnung muß man vor allem beachten, daß für die absolute Permeabilität niemals die in den Zahlentafeln stehende, kurz „Permeabilität" genannte relative Permeabilität eingesetzt werden darf, sondern immer nur das Produkt aus ihr und der Induktionskonstante μ_0.

Zu 7. In vielen Lehrbüchern wird die Magnetisierung durch die Gleichung $\mathfrak{J} = \mathfrak{B} - \mu_0\,\mathfrak{H}$ definiert, so daß ihre Dimension mit der der magnetischen Induktion übereinstimmt. Der AEF selbst hat sich dieser Definition in seinem Entwurf vom Jahre 1930 angeschlossen.

Die jetzt durch (4) gegebene Definition, nach der die Magnetisierung der Dimension nach eine Feldstärke ist, hat eine Reihe von Vorteilen. Da nach ihr $\mathfrak{B} = \mu_0\,(\mathfrak{H} + \mathfrak{J})$, kann man sich in leicht verständlicher Weise vorstellen, daß die durch die Induktions- und Kraftwirkung feststellbare magnetische Induktion proportional ist der Summe zweier Vektoren $\mathfrak{H}$ und $\mathfrak{J}$, von denen der eine, $\mathfrak{H}$, auch im materiefreien Raum vorhanden wäre, während der andere, $\mathfrak{J}$, einen durch die Materie verur-

[1]) Die Gleichungen (3) und (6) bleiben ungeändert.

sachten Zusatzvektor darstellt. Die Definition (4) hat außerdem den praktischen Vorteil, daß die übliche CGS-Einheit der Magnetisierung (mit einem nur sehr geringen Fehler) als die Einheit A/mm gedeutet werden kann. Näheres hierüber in Aufg. 52.

Die Festsetzung unter Nr. 7 steht übrigens in Einklang mit der Definition, die G. Mie in der 2. Auflage seines Lehrbuchs der Elektrizität und des Magnetismus auf S. 481 gibt.

Zu 9. Die Größen μ_Δ, $\mathfrak{H}^e$ und $\mathfrak{M}_p$ können nur in einem beschränkten Bereich von Feldstärken und Induktionen als annähernd konstant angesehen werden. Der Ansatz (6) stammt von O. Heaviside: Electrician 14 (1885) S. 367; Electr. Papers Bd. 1, S. 451; Electromagnetic Theory Bd. 1, S. 36 ff., 349 ff.

Man beachte, daß Heaviside (a. a. O.), Föppl und andere entgegen dem hier Festgesetzten die Summe $\mathfrak{H} + \mathfrak{H}^e$ „magnetische Feldstärke $\mathfrak{H}$" genannt haben.

In die 1. Maxwellsche Gleichung und den (ihr entsprechenden) Durchflutungssatz ist die Feldstärke $\mathfrak{H} = \mathfrak{B}/\mu_\Delta - \mathfrak{H}^e$ einzusetzen.

Zu 10. Näheres über den Zusammenhang des magnetischen Moments mit der Magnetisierung findet man z. B. in der Einführung in die theoretische Physik von C. Schaefer, 3. Bd., 1. Teil, 20.

Wenn die nach (4) definierte Magnetisierung gleich dem magnetischen Moment der Volumeinheit sein soll, muß man das magnetische Moment als das Verhältnis des Drehmoments zur Induktion definieren. Man vergleiche hierzu die Diskussion in der Elektrotechn. Z. 47 (1926) S. 1009; 48 (1927) S. 426, 1879; ferner die Arbeiten von A. Sommerfeld: Zeeman-Festschrift 1935 S. 157, Ann. Phys. (5) 36 (1939) S. 335 und von H. Dießelhorst: Elektrotechn. Z. 62 (1941) S. 497. Man hat zu setzen: die Raumdichte der (fiktiven) magnetischen Ladung gleich div $\mathfrak{H}$ = — div $\mathfrak{J}$, die von einem Pol der Stärke m in der Entfernung r erzeugte magnetische Feldstärke gleich $m/(4\pi r^2)$.

Zu 8. und 10. Da die Suszeptibilität nach den Nrn. 8 und 10 als Quotient des auf die Volumeinheit bezogenen magnetischen Moments und der magnetischen Feldstärke definiert werden kann, ist sie eine „spezifische" Größe im Sinne des Normblatts DIN 1345. Man kann sie daher „Volumsuszeptibilität" nennen und neben ihr eine

$$\text{„Massensuszeptibilität"} = \frac{\text{Volumsuszeptibilität}}{\text{Dichte im Normzustand}}$$

(vgl. DIN 1343) und eine

„molare Suszeptibilität" = Massensuszeptibilität mal Molmasse

einführen.

Noch nicht endgültig

Aufg. 52. Magnetische Einheiten[1]

1. Einheiten des elektromagnetischen CGS-Systems

Die auf CGS-Einheiten bezogenen Zahlenwertgleichungen sind nichtrational zu schreiben.

11. Die CGS-Einheit der magnetischen Induktion (Flußdichte) $\mathfrak{B}$ ist das Gauß, abgekürzt G. Für schwache Felder (z. B. das Erdfeld) eignet sich die Einheit µG oder die zehnmal so große in der Geophysik benutzte Einheit $\gamma = 10^{-5}$ G. Es ist

$$1\,\text{CGS} = 1\,\text{G} \approx 10^{-8}\,\frac{\text{V s}}{\text{cm}^2}\,. \tag{1}$$

12. Die CGS-Einheit des Induktionsflusses Φ ist das Maxwell = G cm², abgekürzt M. Es ist

$$1\,\text{CGS} = 1\,\text{M} \approx 10^{-8}\,\text{V s}\,. \tag{2}$$

13. Die CGS-Einheit der magnetischen Feldstärke $\mathfrak{H}$ ist das Örsted, abgekürzt Ö oder Oe. Es ist

$$1\,\text{CGS} = 1\,\text{Ö} \approx \frac{10}{4\pi}\,\frac{\text{A}}{\text{cm}}\,. \tag{3}$$

Bei einer von dem Strom I durchflossenen geschlossenen Ringspule vom Ringumfang l und der Windungszahl w wird die im Innern der Spule herrschende Feldstärke in Örsted nach der Zahlenwertgleichung

$$H \approx \frac{4\pi}{10}\,\frac{w\,I}{l} \tag{4}$$

berechnet, wo I in A, l in cm einzusetzen ist.

Die CGS-Einheit der Magnetisierung $\mathfrak{J}$ ist gleich dem 4π-fachen der Einheit Örsted:

$$1\,\text{CGS} = 4\pi\,\text{Ö} \approx \frac{10\,\text{A}}{\text{cm}} = \frac{\text{A}}{\text{mm}}\,. \tag{5}$$

Man erhält die Magnetisierung in ihrer CGS-Einheit nach der Zahlenwertgleichung

$$\mathfrak{J} = \frac{\mathfrak{B} - \mathfrak{H}}{4\pi}\,, \tag{6}$$

wenn man die Induktion in Gauß, die Feldstärke in Örsted einsetzt.

Die Magnetisierung kann auch auf die CGS-Einheit der Feldstärke, das Örsted, bezogen werden. Dann hat man nach der Zahlenwertgleichung

$$\mathfrak{J} = \mathfrak{B} - \mathfrak{H} \tag{7}$$

zu rechnen; $\mathfrak{B}$ ist wieder in Gauß, $\mathfrak{H}$ in Örsted einzusetzen.

14. Die CGS-Einheit der magnetischen Spannung und der eingeprägten magnetomotorischen Kraft ist das Gilbert = Ö cm, abgekürzt Gb. Es ist

$$1\,\text{CGS} = 1\,\text{Gb} \approx \frac{10}{4\pi}\,\text{A}\,. \tag{8}$$

15. Die CGS-Einheit der absoluten Permeabilität ist die Induktionskonstante μ_0. Es ist

$$1\,\text{CGS} = \mu_0 = \frac{1\,\text{G}}{1\,\text{Ö}} \approx 4\pi\cdot 10^{-9}\,\frac{\text{H}}{\text{cm}}\,. \tag{9}$$

Der Zahlenwert der absoluten Permeabilität stimmt im CGS-System mit der relativen Permeabilität überein.

16. Die CGS-Einheit des magnetischen Moments ist das 4π-fache der Einheit Örstedkubikzentimeter:

$$1\,\text{CGS} = 4\pi\,\text{Ö cm}^3 \approx 10\,\text{A cm}^2\,. \tag{10}$$

2. Internationale praktische Einheiten

Die auf praktische Einheiten bezogenen Zahlenwertgleichungen sind rational zu schreiben; die magnetische Feldstärke im Innern einer Ringspule und die Magnetisierung sind also nach den folgenden Zahlenwertgleichungen zu berechnen:

$$H = \frac{w\,I}{l}\,, \tag{11}$$

$$\mathfrak{J} = \frac{\mathfrak{B}}{\mu_0} - \mathfrak{H}\,. \tag{12}$$

21. Praktisches Zentimeter-Sekunden-System

Es werden gemessen:

211. Die magnetische Induktion (Flußdichte) in V s/cm² = Wb/cm² ($\approx 10^8$ CGS);

212. Der magnetische Fluß in Weber = Wb = V s ($\approx 10^8$ CGS);

213. Die magnetische Feldstärke und die Magnetisierung in A/cm ($\approx 4\pi\cdot 10^{-1}$ CGS);

214. Die magnetische Spannung und die eingeprägte magnetomotorische Kraft in A ($\approx 4\pi\cdot 10^{-1}$ CGS);

215. Die absolute Permeabilität in H/cm ($\approx (4\pi)^{-1}\cdot 10^9$ CGS);

216. Das magnetische Moment in A cm² ($\approx 10^{-1}$ CGS).

22. Praktisches Meter-Sekunden-System (Giorgisches System)

Es werden gemessen:

221. Die magnetische Induktion (Flußdichte) in V s/m² = Wb/m² ($\approx 10^4$ CGS);

222. Der magnetische Fluß in Weber = Wb = V s ($\approx 10^8$ CGS);

223. Die magnetische Feldstärke und die Magnetisierung in A/m ($\approx 4\pi\cdot 10^{-3}$ CGS);

224. Die magnetische Spannung und die eingeprägte magnetomotorische Kraft in A ($\approx 4\pi\cdot 10^{-1}$ CGS);

225. Die absolute Permeabilität in H/m ($\approx (4\pi)^{-1}\cdot 10^7$ CGS);

226. Das magnetische Moment in A m² ($\approx 10^3$ CGS).

[1] Bearbeitet von H. Dießelhorst, F. Emde und J. Wallot.

Erläuterungen

Die Festsetzungen des Entwurfs stehen in Übereinstimmung mit Beschlüssen, die die Internationale Elektrotechnische Kommission 1930 und 1935 auf ihren Volltagungen in Oslo und Scheveningen gefaßt hat.

Die Abkürzungen G, M, Ö (Oe), Gb, Wb sind Vorschläge des AEF; über sie ist international noch nichts festgesetzt.

Das an einigen Stellen vorkommende Zeichen $\approx$ soll daran erinnern, daß sich die Zusammenhänge zwischen den elektromagnetischen CGS-Einheiten und den ihnen entsprechenden „internationalen" praktischen Einheiten nur angenähert durch Zehnerpotenzen und die Zahl 4π darstellen lassen. Genauere Angaben findet man in dem Normblatt DIN 1348 in Nr. 31.

Zu 13. Bei einem Siliziumeisen sei z. B. $B = 19\,100$ G, $H = 300$ Ö. Dann ist nach (6) die Magnetisierung

$$I = \frac{19\,100 - 300}{4\pi} = 1496 \frac{\text{A}}{\text{mm}} = 1496 \text{ CGS}.$$

Nach (5) kann man dafür aber auch

$$I = 1496 \cdot 4\pi \text{ Ö} = 18\,800 \text{ Ö}$$

schreiben.

Bezieht man die Magnetisierung also auf das Örsted, so ist ihr Zahlenwert entsprechend der Gleichung (7) einfach gleich der Differenz der Zahlenwerte von Induktion und Feldstärke. Bezieht man sie dagegen auf ihre CGS-Einheit ($\approx$ A/mm) so ist nach (6) der Zahlenwert von $4\pi I$ gleich der Differenz der Zahlenwerte von Induktion und Feldstärke.

Zu 15. Die Einheitengleichung

$$1 \text{ G} = \mu_0 \cdot 1 \text{ Ö}$$

folgt unmittelbar aus der Gleichung $\mathfrak{B} = \mu_0 \mathfrak{H}$.

Zu 16. Wirkt z. B. an einem Ort, wo die Horizontalkomponente B des Induktionsfeldes der Erde 0,184 G beträgt, auf einen senkrecht zum Felde angeordneten Magnetstab ein Drehmoment D von 250 dyn cm, so hat er nach der allgemeinen Gleichung (vgl. Aufg. 51)

$$D = M\,B \tag{13}$$

ein magnetisches Moment:

$$M = \frac{250 \text{ dyn cm}}{0{,}184 \text{ G}} = 1359 \text{ CGS}.$$

In der Tat ist

$$\frac{\text{dyn cm}}{\text{G}} = \frac{10^{-7} \text{ V A s}}{10^{-8} \text{ V s/cm}^2} = 10 \text{ A cm}^2 = 4\pi \text{ Ö cm}^3 = 1 \text{ CGS}.$$

Zu 2. Unter 21 sind die Einheiten des praktischen Zentimeter-Sekundensystems aufgeführt, unter 22 die Einheiten des praktischen Meter-Sekundensystems, das nach seinem Urheber gewöhnlich das Giorgische genannt wird (G. Giorgi, Nuovo Cim. (5) 4 (1902) S. 11). Das Giorgische System umfaßt auch die Mechanik, wenn man als seine Masseneinheit das Kilogramm wählt (1 kg $\approx$ 1 Joule s²/m²).

Zu 213. Bei dem Zahlenbeispiel der Erläuterung zu 13 ist

$$B = 19\,100 \text{ G} \approx 1{,}910 \cdot 10^{-4} \frac{\text{V s}}{\text{cm}^2},$$

$$\mu_0 \approx 4\pi \cdot 10^{-9} \frac{\text{H}}{\text{cm}},$$

$$H = 300 \text{ Ö} \approx 300 \frac{10}{4\pi} \frac{\text{A}}{\text{cm}} = 239 \frac{\text{A}}{\text{cm}}.$$

Also wird

$$I = \frac{B}{\mu_0} - H = \frac{1{,}910 \cdot 10^{-4} \text{ V s cm}}{\text{cm}^2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-9} \text{ H}} - 239 \frac{\text{A}}{\text{cm}}$$

$$= (15\,200 - 239) \frac{\text{A}}{\text{cm}} \approx 14\,960 \frac{\text{A}}{\text{cm}}.$$

Zu 226. Das Zahlenbeispiel der Erläuterung zu 16 ergibt:

$$D = 250 \text{ dyn cm} \approx 250 \cdot 10^{-7} \text{ V A s},$$

$$B = 0{,}184 \text{ G} \approx 0{,}184 \cdot 10^{-4} \frac{\text{V s}}{\text{m}^2}.$$

Also wird

$$M = \frac{250 \cdot 10^{-7}}{0{,}184 \cdot 10^{-4}} \text{ A m}^2 = 1{,}359 \text{ A m}^2.$$

Nach Nr. 226 stimmt dieser Wert mit dem oben gefundenen (1359 CGS) überein.

Wie die Beispiele zeigen, muß man beim Rechnen nach Gleichungen, in denen die Feldstärke, die Permeabilität oder die Suszeptibilität vorkommen, darauf achten, daß sich die Stellung des Faktors 4π nach der Wahl des Maßsystems richtet. Der Faktor 4π kann sich allerdings in einer Gleichung auch herausheben, so in $\mathfrak{B} = \mu\mathfrak{H}$; dann rechnet man nach ihr in allen drei Systemen richtig. Verwendet man aber z. B. für $\mathfrak{B}$ und μ die CGS-Einheiten G und μ_0, für $\mathfrak{H}$ dagegen die praktische Einheit A/cm, so tritt an die Stelle der Gleichung $B = \mu H$ die umständlichere Gleichung

$$B = \frac{4\pi}{10} \mu H = 1{,}257\,\mu H.$$

Andere Darstellung der elektromagnetischen CGS-Einheiten. Das elektromagnetische CGS-System beruht auf vier „Urmaßen", und zwar auf dem Meterstab, dem Kilogrammstück, dem mittleren Sonnentag und der Induktionskonstante. Daraus folgt aber nicht, daß man bei der Zahlenrechnung das Zentimeter, das Gramm, die Sekunde und die Induktionskonstante als Grundeinheiten wählen müßte. Die Wahl der Grundeinheiten cm, g und s ist zwar die übliche; sie führt aber zu unbequemen Dimensionsformeln. Da

$$1 \text{ G} \cdot 1 \text{ Ö} = \frac{\text{erg}}{4\pi \text{ cm}^3}, \qquad \frac{1 \text{ G}}{1 \text{ Ö}} = \mu_0,$$

ist beispielsweise

$$1 \text{ G} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \mu_0^{1/2} \text{ cm}^{-1/2} \text{ g}^{1/2} \text{ s}^{-1},$$

$$1 \text{ Ö} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \mu_0^{-1/2} \text{ cm}^{-1/2} \text{ g}^{1/2} \text{ s}^{-1},$$

wofür man unter Benutzung der Druckeinheit Mikrobar (1 μb = 1 dyn/cm²) etwas einfacher auch

$$1 \text{ G} = \sqrt{\frac{\mu_0 \, \mu\text{b}}{4\pi}}, \qquad 1 \text{ Ö} = \sqrt{\frac{\mu\text{b}}{4\pi\mu_0}}$$

schreiben könnte.

Die elektromagnetischen CGS-Einheiten lassen sich als Potenzprodukte von vier Grundeinheiten mit ganzzahligen Exponenten darstellen, wenn man als diese Grundeinheiten — wie im vorstehenden — neben dem Zentimeter und der Sekunde etwa das Gauß und das Örsted wählt. Auch der Faktor 4π kommt dann nur mit ganzzahligen Exponenten vor. Die elektromagnetischen CGS-Einheiten der Elektrizitätsmenge und der elektrischen Feldstärke z. B. sind in dieser Darstellung gleich 4π Ö cm s und entsprechend G cm/s. *(Schluß folgt)*

EINGÄNGE

(Ausführliche Besprechung vorbehalten.)

Bücher

Cálculo del alumbrado directo por armaduras simétricas. Von S. C. Nino. Instituto Técnico de la Construcción y Edificación, Madrid 1941. (Veröff. Nr. 20).

Die strömungstechnischen Grundlagen der Windkraftmaschinen. Von Dr.-Ing. U. Noetzlin. Denkschrift 2 der Reichsarbeitsgemeinschaft „Windkraft", Berlin-Steglitz, Grunewaldstr. 43, März 1941.

Theorie pojistek se zřetelem k selekčnímu řadění s automatickými vypinači. (Theorie der Schmelzsicherungen mit Berücksichtigung ihres selektiven Ansprechens bei Serienschaltung mit Selbstschaltern.) Von Ing. K. Kesl, Prag-Podoli, Muldenweg 29. 1941.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Direktor Dr.-Ing. W. Lühr, Berlin-Dahlem, Reichensteiner Weg 38
Dipl.-Ing. T. von Rothe, Berlin-Halensee, Johann-Georg-Str. 7
Reichsbahnrat Dr.-Ing. W. Zorn, Feldpost 10 001

Abschluß des Heftes: 29. August 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Springer-Verlag, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 11. September 1941 | Heft 37

Überspannungsschutz von Funksendeanlagen kleiner Leistung

Von Georg Müller VDE, Bamberg

DK 621.396.673 : 621.316.93

Übersicht. Die Mehrzahl der Funksendeanlagen bis 1,5 kW ist heute noch ohne sicher wirkende, selbsttätig arbeitende Überspannungsschutzeinrichtungen. Daher wurde versucht, mit den in der Starkstromtechnik üblichen Überspannungsableitern einen ausreichenden Schutz zu erhalten. Die Überlegungen, die zum Verwenden von Überspannungsableitern in Sendeanlagen führten, werden mitgeteilt. Abschließend wird über das Verhalten im praktischen Betrieb berichtet.

In der gewitterreichen Zeit treten Erwägungen über geeignete Blitz- und Überspannungsschutzeinrichtungen in den Vordergrund. Durch geeignete Schutzmaßnahmen lassen sich unerwünschte Betriebsausfälle und größerer Schaden verhüten.

Wurden für die Starkstromtechnik und im bestimmten Maße auch für die Fernmeldetechnik bereits bewährte Einrichtungen gegen Blitz- und Überspannungsgefahr geschaffen, so stehen bis heute der Funktechnik nur einfache Mittel zum Schutz ihrer hochwertigen Geräte zur Verfügung. Für Funkempfangsanlagen sind gut und sicher wirkende Blitzschutzeinrichtungen bekannt. Für Funksendeanlagen, die wegen ihrer besonderen Eigenheiten, wie hohe freie Lage, große räumliche Ausdehnung u. a., erhöhter Blitz- und Überspannungseinwirkung unterliegen, werden geeignete Schutzeinrichtungen wenig benutzt; bei fast allen diesen Anlagen wird immer noch das Abschalten des Senders mit gleichzeitigem Erden der Antenne angewandt. Als Grobschutz bei ungeerdeter Antenne werden Funkenstrecken der verschiedenen Form und Größe benutzt. Selten werden Schutzdrosseln außer zum Ableiten statischer Aufladungen angewendet. Eine Schutzschaltung, die eine Brückenanordnung in Verbindung mit einer Sicherheitsfunkenstrecke nach Art der Peters-Schaltung darstellt, ist nur in Sendeanlagen mit Energieübertragungsleitung zwischen Sender und Antenne möglich. Die kleinen und mittleren Funksendeanlagen, die weitaus in der Mehrzahl sind, arbeiten durchweg ohne Energieleitung auf die Antenne. Wegen ihrer weiten Verbreitung für Handel, Luftfahrt und Polizei wird im folgenden der Überspannungsschutz solcher Sendeanlagen kleiner Leistung betrachtet.

1. Anforderungen an die Schutzeinrichtungen

Als Ersatz für die unmittelbare Antennenerdung muß eine selbsttätig wirkende, mindestens ebenso sichere Schutzeinrichtung geschaffen werden. Dabei soll untersucht werden, ob die in der Hochspannungstechnik üblichen Überspannungsableiter als Antennenschutz geeignet sind. Allgemein sind an eine Antennenschutzeinrichtung folgende Forderungen zu stellen.

In bezug auf den Schutzwert ist anzustreben, daß die Überspannung auf einen Grenzwert, der den Isolationsverhältnissen des zu schützenden Senders entspricht, vermindert wird. Außerdem muß die Überspannung mit geringer Verzögerung abgeleitet werden. Ströme, die durch unmittelbaren Blitzschlag hervorgerufen werden, sollen noch sicher ohne wesentliches Überschreiten der Grenzspannung und ohne Schaden für den Ableiter abgeführt werden. Der nach Verschwinden der Überspannung nachfließende Betriebsstrom soll rasch und selbsttätig unterbrochen werden.

Bezüglich der Hochfrequenzbeeinflussung ist zu fordern, daß die durch das Einschalten eines Ableiters in den Hochfrequenzkreis bewirkte Verstimmung sowie die zusätzliche Dämpfung des Antennenkreises möglichst gering sein soll. Die durch den Ableiter entstehenden Hochfrequenzverluste sollen ein Minimum betragen. Um Frequenzschwankungen zu vermeiden, soll die Temperaturabhängigkeit des Ableiters in der Größenordnung der übrigen Anlageteile liegen.

Für die Betriebsbereitschaft muß gefordert werden, daß der Sendebetrieb trotz Überspannungsgefahr aufrechterhalten werden kann. Die Ableitdauer bei Überschlag soll kürzer als das kürzeste zu übertragende Zeichen sein, oder eine während des Betriebes durch Überschlag entstehende Verzerrung des Signals soll möglichst von der empfangenden Gegenstelle als solche erkannt werden. Gesonderte Betätigungsvorrichtungen dürfen nicht erforderlich sein. Der nachträgliche Einbau eines Ableiters in die Anlage soll einfach, die laufende Wartung gering sein.

Die Forderungen bezüglich des Schutzwertes werden heute von allen guten Überspannungsableitern erfüllt. Die Eignung von Überspannungsableitern als Schaltteil in Hochfrequenzkreisen sei durch einige Überlegungen untersucht. Zunächst müssen dafür die Schaltungsgrundlagen der Sendeantennen und der Ableiter, danach die Anpassung betrachtet werden.

2. Elektrische Verhältnisse der Sendeantennen

Sendeantennen stellen räumlich ausgedehnte Leitergebilde dar. Wie aus den Gleichungen für eine im Fußpunkt stromerregte Antenne hervorgeht, besteht neben der Zeitabhängigkeit des Wechselstroms auch eine ortsabhängige Verteilung von Strom und Spannung auf der Antenne. Die Phasenverschiebung zwischen I_x und U_x ist für die verlustfreie Antenne genau und für die verlustarme angenähert 90° (Bild 1). Auf einer $\lambda/4$-Antenne sind je eine

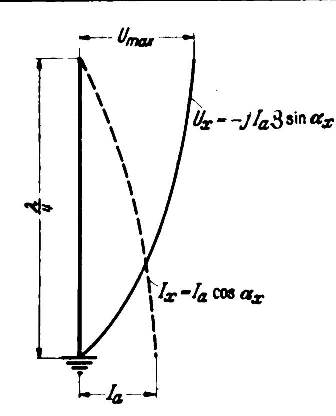


Bild 1. Spannungs- und Stromverteilung der verlustlosen Antenne.

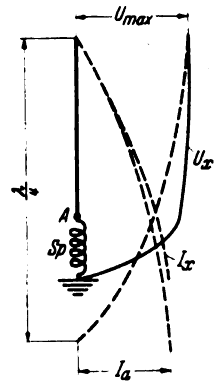


Bild 2. Spannungs- und Stromverteilung einer Antenne mit Kopplungsspule.

Strom- und Spannungsnull- und -Maximalstelle als Schwingungsknoten und -bauch vorhanden. Für geringste zusätzliche Dämpfung und Verstimmung sind die Nullstellen zum Anschluß des Überspannungsableiters am geeignetsten.

Die Energieübertragung vom Sender zur Antenne geschieht über eine Kopplungsspule. Diese Induktivität ändert die rein sinusförmige Verteilung der ideellen Antenne gemäß Bild 2. Die Kopplungsspule Sp ist aber der Teil des Senders, der in erster Linie geschützt werden muß; denn über diese werden auftretende Überspannungen in die innere Senderschaltung übertragen. Die Spannungs-Nullstelle scheidet deshalb wegen ihrer Lage vor der Spule aus. Die Strom-Nullstelle befindet sich am oberen Ende der Antenne; sie sei vorerst wegen ihrer Entfernung von dem zu schützenden Sender nicht betrachtet. An der zugänglichen Anschlußstelle A ist der Strom I_x und die Spannung $U_x > 0$. Ein Schaltteil an dieser Stelle A muß sich zwangläufig verstimmend und dämpfend auf den Antennenkreis auswirken. Die Größe der Dämpfung und Verstimmung ist durch den Scheinleitwert $\mathfrak{G}$ des Überspannungsableiters bestimmt.

3. Elektrische Verhältnisse des Überspannungsableiters

Die Mehrzahl der handelsüblichen Überspannungsableiter besteht hauptsächlich aus zwei aktiven Bauteilen, und zwar dem spannungsabhängigen Widerstand und einer Funkenstrecke. Das Änderungsgesetz[2]) spannungsabhängiger Widerstände lautet allgemein:

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{U_2}{U_1}\right)^{n-1} \quad \text{oder} \quad R = \varrho \frac{1}{U^{n-1}} .$$

Da sich spannungsabhängige Widerstände nach ihrem Exponentialgesetz rascher ändern als die an ihnen liegende Spannung, ist der Widerstand R für die zusätzliche Antennenkreisdämpfung von besonderer Bedeutung.

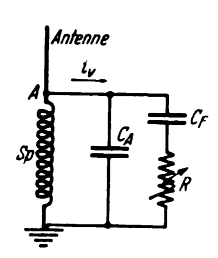


Bild 3. Ersatzschaltung des Ableiters an der Antenne.

Die Funkenstrecke des Ableiters, die erst bei Überschreiten der Ansprechspannung leitend wird, stellt im normalen Betrieb einen kleinen Kondensator dar. In Serie mit diesem Kondensator C_F liegt der spannungsabhängige Widerstand R. Dieser Serienschaltung parallel liegt noch die durch Aufbau und Form bedingte Baukapazität C_B sowie die durch den Einbau des Ableiters in die Antenne entstehende Schaltkapazität C_S. Beide seien im vereinfachten Ersatzschaltbild 3 mit

$$C_A = C_B + C_S \tag{2}$$

eingeführt.

[2]) G. Frühauf, Überspannung und Überspannungsschutz. Verl. de Gruyter, Sammlg. Göschen (1939) S. 94. — H. Geißler, Aus der Entwicklung des Kathodenfallableiters für Hochspannung. ETZ 61 (1940) S. 229.

Aus der Rechnung ergibt sich mit für die Praxis zulässigen Vernachlässigungen der Scheinleitwert

$$\mathfrak{G} \approx R\, C_F^2\, \omega^2 + j\, \omega\, (C_F + C_A) \tag{3a}$$

und analog für den Scheinwiderstand

$$\mathfrak{R} \approx \frac{R}{1 + \frac{C_A}{C_F}} - j\, \frac{1}{\omega\,(C_F + C_A)} . \tag{3b}$$

Für die Größe der Verstimmung ist vorwiegend der Blindanteil des Leitwertes $\mathfrak{G}$ verantwortlich. Der Kapazitätszuwachs im Antennenkreis $C_F + C_A \ll C_{\text{Ant}}$ kann leicht durch Verändern der Abstimmspule nach kleinerem Wert ausgeglichen werden, so daß die Resonanz, wenn auch mit etwas geringerer Kreisgüte, wiederhergestellt ist.

Der an der Spannung U_x liegende Scheinleitwert $\mathfrak{G}$ verursacht den zur Erde abfließenden Hochfrequenzverluststrom

$$i_v = U_x\, |\mathfrak{G}| . \tag{4}$$

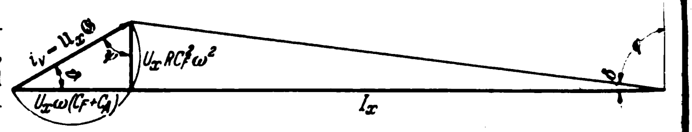
Die Phasenverschiebung dieses Verluststromes gegen den Antennenstrom I_a bestimmt sich angenähert aus

$$\operatorname{tg} \vartheta \approx \frac{R\, C_F\, \omega}{1 + \frac{C_A}{C_F}} . \tag{5a}$$

Da die reelle Komponente des Scheinleitwertes $\mathfrak{G}$ in Richtung von U_x fällt, ist die Phasentangente des Verluststromes gegen den Antennenstrom und die zusätzliche Antennendämpfung des Ableiters identisch (Bild 4);

$$d \equiv \operatorname{tg} \vartheta . \tag{5b}$$

Bild 4. Vektorbild zum Ermitteln der zusätzlichen Antennendämpfung des Ableiters.



4. Anpassen von Ableiter und Antenne auf hohe Schutzwirkung

Die tatsächliche Gesamtantennenkreisdämpfung bestimmt sich nach Bild 4 zu

$$\Delta \equiv \operatorname{tg} \delta = \frac{\varrho\, C_F^2\, \omega^2}{U_x^{n-2}\, I_a} . \tag{6}$$

Nach Gl. (5) ist die Dämpfung dem Betriebswiderstand R und dem kapazitiven Leitwert $C_F\, \omega$ der Funkenstrecke direkt proportional. Die Dämpfung d ist also durch Kleinhalten der zu I_a senkrecht stehenden reellen Stromkomponente des Verluststromes

$$i_d = U_x\, R\, C_F^2\, \omega^2 = \varrho\, \frac{C_F^2\, \omega^2}{U_x^{n-2}}$$

zu verringern; dies kann durch Kleinstwert der Kapazität der Funkenstrecke und des Betriebswiderstandes R durch Wahl eines geeigneten Anschlußpunktes erreicht werden. Es ist zu prüfen, ob die Funkenstreckenkapazität durch Wahl eines Isoliermittels mit niedriger Dieelektrizitätskonstante ohne Verändern der Anprechfähigkeit verkleinert werden kann.

Mit Rücksicht auf den steigenden Blindstromanteil ist es unvorteilhaft, einen Anschlußpunkt mit großer Span-

nung U_x zu verwenden; denn der Blindstromanteil verringert den Antennenstrom I_a um den Wert

$$i_b = U_x\,\omega\,(C_F + C_A)\,.$$

Neben kleiner Baukapazität ist auch hier kleine Funkenstreckenkapazität anzustreben.

Also soll für beide Forderungen

$$i_v = i_d + \mathrm{j}\, i_b \tag{7}$$

ein Mindestwert sein. Für

$$\frac{d}{d\,U_x}[i_v^2] = 0 \quad \text{und} \quad \frac{d^2}{d\,U_x^2}[i_v^2] > 0$$

entspricht das Minimum des Verluststromes der optimalen Spannung

$$U_{x\,\mathrm{opt}} = \sqrt[n-1]{\frac{\varrho\, C_F\, \omega}{1 + \frac{C_A}{C_F}}\sqrt{n-2}}\ \ [\mathrm{kV}]. \tag{8}$$

In Gl. (4) eingesetzt, ergibt sich der minimale Verluststrom

$$i_v = 10^3 \sqrt{\frac{n-1}{n-2}}\,(C_F + C_A)\,\omega \cdot \sqrt[n-1]{\frac{\varrho\, C_F\, \omega}{1 + \frac{C_A}{C_F}}\sqrt{n-2}}\ \ [\mathrm{A}]. \tag{9}$$

Hierin ist der erste Ausdruck der Kleinstwert des Scheinleitwertes $\mathfrak{G}_{\min}$ und der zweite Faktor $U_{x\,\mathrm{opt}}$. Die Dämpfung d des Ableiters ist unabhängig von der Frequenz bei der optimalen Spannung konstant.

$$d \equiv \mathrm{tg}\,\vartheta = \frac{1}{\sqrt{n-2}}\,. \tag{10}$$

Die Gesamtantennendämpfung erhält man für das Optimum aus Gl. (6) und (8)

$$\Delta \equiv \mathrm{tg}\,\delta = \frac{(C_F + C_A)\,\omega}{\sqrt{n-2}}\,\frac{U_{x\,\mathrm{opt}}}{I_a}\,.$$

Die Abhängigkeit $i_v = f(U_x)_{\omega = \mathrm{konst.}}$ bei konstanter Frequenz zeigt Bild 5. Der Verlauf von $U_{x\,\mathrm{opt}}$ ist eingetragen. Nach Überschreiten von $U_{x\,\mathrm{opt}}$ steigt i_v wegen überwiegender Blindkomponente i_b angenähert linear und um so steiler an, je größer ω ist. Da bei niedrigen Frequenzen der Verluststrom selbst bei großen Spannungswerten klein ist, kann am Anschlußpunkt für den Ableiter eine wesentlich höhere Spannung liegen, ohne daß die Antennenkreisveränderungen einen merklichen Wert überschreiten. Mit steigender Frequenz wächst jedoch der Verluststrom. Die Nähe von $U_{x\,\mathrm{opt}}$ muß deshalb immer mehr aufgesucht werden. Mit Rücksicht auf den Strahlungsverlust und den Antennenkreisaufbau besteht eine obere Frequenzgrenze, über die hinauszugehen nicht tragbar ist.

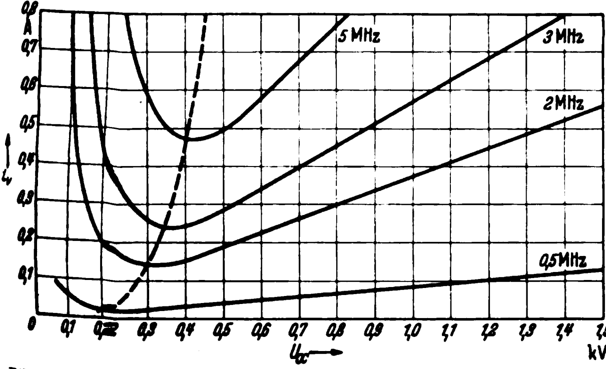


Bild 5. Abhängigkeit des Hochfrequenzverluststromes von der Spannung für verschiedene Frequenzen.

Für den Antennenwiderstand $\mathfrak{R}_a$ ist die Antennenleistung im ungestörten Zustand

$$\mathfrak{N}_a = I_a^2\,\mathfrak{R}_a$$

und bei angeschlossenem Ableiter unter der Voraussetzung gleicher Leistungsabgabe des Senders und der Annahme gleichen Antennenstromes I_a und unveränderten Widerstand $\mathfrak{R}_a$ für die verringerte Antennenleistung

$$\mathfrak{N}_a' = (I_a - i_v \cos\vartheta)^2\,\mathfrak{R}_a\,.$$

Bei Zulassen eines Strahlungsverlustes ν ergibt sich

$$\frac{\mathfrak{N}_a'}{\mathfrak{N}_a} \approx 1 - \nu = \left(1 - \frac{i_v}{I_a}\cos\vartheta\right)^2,$$

daraus

$$\cos\vartheta = \frac{\nu}{2}\,\frac{I_a}{i_v}\,. \tag{12}$$

Aus den Gleichungen (9), (10) und (12) errechnet sich die obere Grenzfrequenz beim Spannungsoptimum aus

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{n-2}{n-1}}\;\frac{10^{-3}}{2\,(C_F + C_A)\cos\operatorname{arc\,tg}\frac{1}{\sqrt{n-2}}} \times \tag{13a}$$

$$\times \sqrt[n]{2\cdot 10^3\,\frac{\sqrt{n-1}\left(1+\frac{C_A}{C_F}\right)^2}{(n-2)\,\varrho}\cos\operatorname{arc\,tg}\frac{1}{\sqrt{n-2}}\,(\nu\, I_a)^{n-1}}\,.$$

Durch Zusammenfassen der Konstanten und Ableitergrößen ergibt sich

$$f_0 = K\sqrt[n]{(\nu\, I_a)^{n-1}}\ \ [\mathrm{Hz}]. \tag{13b}$$

Mit wachsendem Leistungsverlust ν und Antennenstrom I_a steigt auch die obere Grenzfrequenz, d. h. bei gleichem zugelassenen Leistungsverlust ν ist die obere Grenzfrequenz um so höher, je größer die Antennen- bzw. Senderleistung ist. In der Praxis läßt sich dies jedoch nicht beliebig steigern, da einerseits das Spannungsoptimum nicht immer am Anschlußpunkt zu erfassen ist und anderseits die Stromwärme im Ableiter mit wachsendem Verluststrom i_v steigt. Die Verlustleistung im Ableiter

$$N_v = i_d^2\, R$$

muß über die Oberfläche des Ableiters abgeführt werden; die Dielektrikumsverluste seien vernachlässigt. Die Grenzen sind durch weitere Untersuchungen zu klären.

Da die betrachtenden Sender vorwiegend mit Tasten, d. h. im intermittierenden Betrieb, arbeiten und die Oberfläche der Ableiter wegen der direkten Überschlagsgefahr groß ist, liegt auch bei der Grenzfrequenz nach Gl. (13) die zulässige Erwärmung über der Betriebstemperatur. Nach Gl. (8) soll im Anschlußpunkt des Ableiters möglichst die Spannung $U_{x\,\mathrm{opt}}$ liegen. Um nun diesen Zustand herzustellen, muß im Antennenkreis die Antennenspulen-Induktivität, die bekanntlich eine konzentrierte Antennenverlängerung darstellt, verkleinert und gleichzeitig der Antennenleiter selbst verlängert werden. Durch diese Maßnahme ist am Anschlußpunkt A die beliebige Spannung U_x nach $U_{x\,\mathrm{opt}}$ zu verschieben (Bild 6). Die Antenne

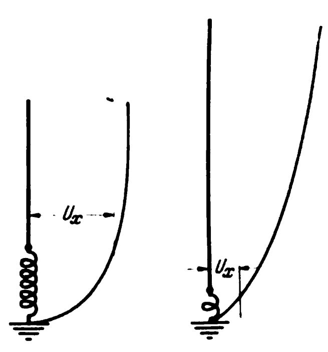


Bild 6. Spannungsverteilung für verschieden lange Antennen.

kann nur so weit verlängert werden, daß ihre Eigenwelle dicht unter der Betriebswelle liegt; diese Anpassung ist auch im hochfrequenztechnischen Sinne erwünscht.

Die Antennenspulen-Induktivität besteht fast immer aus zwei Teilen, einem festen Wert zum Ankoppeln an den Sender und zur Energieübertragung und einem veränderlichen Teil zum Abstimmen des Antennenkreises. Durch die vorgenommene Antennenverlängerung ist entsprechend weniger Spuleninduktivität erforderlich. Der auf die restliche Spuleninduktivität entfallende Spannungsanteil wird kleiner und damit auch die an der Anschlußstelle A liegende Spannung. Für Antennen, die über einen größeren Frequenzbereich arbeiten, müssen genauere Untersuchungen angestellt werden.

Häufig ist es ausreichend, die Antenne für die höchste Frequenz, d. h. kürzeste Welle, zu bemessen und die Strom- und Spannungsverteilung so zu legen, daß der Ableiter bei dieser höchsten Frequenz an der Spannung $U_{x\,\mathrm{opt}}$ liegt. Mit sinkender Frequenz ändert sich der Verluststrom auch bei steigender Spannung wenig; dieser kann u. U. praktisch konstant gehalten werden.

Für beste Schutzwirkung ist ein hoher Wellenwiderstand der Antenne erforderlich; denn nach dem bekannten Ableitergesetz

$$2\,U_{ü} = u_{\mathrm{Abl}} + Z\,i_{\mathrm{Abl}}$$

beruht die Schutzwirkung auf einer Spannungsteilung der doppelten Überspannung $U_{ü}$ in einen Antennenanteil $Z\,i_{\mathrm{Abl}}$ und die Begrenzungsspannung am Ableiter U_{Abl}.

Der Wellenwiderstand Z ist eine Funktion der Antennenabmessungen. Für eine Vertikalantenne[3]) ist die statische Antenneninduktivität, wenn l die Leiterlänge und $2\,r$ der Leiterdurchmesser sind,

$$L_{\mathrm{stat}} = 2\,l \ln \frac{2\,l}{r}\, 10^{9}\,[\mathrm{H}]$$

und die statische Antennenkapazität

$$C_{\mathrm{stat}} = \frac{l}{1{,}8 \ln \frac{2\,l}{r}}\, 10^{12}\,[\mathrm{F}].$$

Nach der vereinfachten Formel für den Wellenwiderstand erhält man diesen zu

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}} = 60 \ln \frac{2\,l}{r}\,[\Omega].$$

Demnach ist der Wellenwiderstand bei gegebener Länge l, die durch die Betriebswelle bestimmt ist, nurmehr durch Verkleinern des Leiterhalbmessers zu erhöhen. Mit sinkendem Leiterhalbmesser wachsen naturgemäß die Antennenverluste. Der Grenzwert von r errechnet sich aus Antennenleistung und der Strom- und Spannungsverteilung. Auf die Berechnung von r sei hier nicht eingegangen. Werden andere als Linearantennen verwendet, so muß der resultierende Wellenwiderstand in Ansatz kommen, z. B. ist für eine m-Draht-T-Antenne

$$Z = Z_{\mathrm{Zuf}} + Z_{\mathrm{Dach}}.$$

Unter der Annahme, daß die Antennenhöhe angenähert gleich der Länge des waagerechten Antennenteiles ist, gilt für die m-Draht-T-Antenne, wenn Z_e der Wellenwiderstand eines Leiters und Z_p der von zwei parallelen Leitern ist,

$$Z \approx \frac{(m+1)\,Z_e + (m-1)\,Z_p}{m}.$$

Eine breite T-Antenne ist also, von den ebenso vorteilhaften hochfrequenztechnischen Strahlungseigenschaften abgesehen, wegen des erheblichen größeren Wellenwiderstandes für die Schutzwirkung besser als eine Linearantenne. Die aufgeführten Überlegungen über den Schutzwert gelten wegen des in den Beziehungen enthaltenen Wellenwiderstandes theoretisch nur für eine unendlich lange Antenne. Wie bei allen Grenzbetrachtungen kann auch die, wenn auch beschränkte Gültigkeit für Langwellenantennen, insbesondere Langdrahtantennen, noch angenommen werden. Je kleiner die Wellenlänge und damit die Antenne wird, desto größer ist die Abweichung, denn der Leitungsanteil $Z\,i_{\mathrm{Abl}}$ wird wegen des Verschwindens von Z immer geringer; das würde bedeuten, der Ableiter muß dann bei direktem Blitzschlag annähernd die volle Blitzstromstärke übernehmen. Nun ist gerade bei den kleineren Ableitern, die für die betrachteten Anlagen in Betracht kommen, die thermische Energieaufnahmefähigkeit[4]) gering. Bei größeren Stromstärken durch unmittelbare Blitzschläge in Antennen geringer Ausdehnung kann der Ableiter u. U. zerstört werden. Nach G. Frühauf ist die Wahrscheinlichkeit, daß ein Ableiter in ländlichen Bezirken, d. h. ziemlich ungeschützter Lage, einen Strom über 5 kA abführen muß, 26 Jahre. Selbst unter der Annahme einer wesentlich höheren Wahrscheinlichkeit für Senderanlagen könnte wegen des ungleich unterschiedlichen Wertes in wirtschaftlicher und betrieblicher Hinsicht eine Zerstörung des Ableiters leichter in Kauf genommen werden als die Beschädigung irgend eines Senderteiles.

Um die Zerstörung des Ableiters zu verzögern, kann durch eine Parallel-Funkenstrecke ein Parallelüberschlag bei Überschreiten einer oberen Spannungsgrenze herbeigeführt werden. Dies ist durch die mit den Antennenerdungsschaltern zusammengebauten Grobfunkenstrecken zu erreichen. Dadurch ist einerseits der Ableiter gegen Zerstörung weitgehend gesichert und anderseits eine Senderbeschädigung ziemlich unwahrscheinlich gemacht.

Da Senderantennen besonders für Lang- und Mittelwellen stets ein Wellenwiderstand zugeordnet werden kann und muß, und um den idealen Verhältnissen möglichst nahe zu kommen, ist auf jeden Fall größtmögliches Z anzustreben.

5. Gestaltung des Ableiters

Aus obigen Überlegungen geht hervor, daß an einen Überspannungsableiter in Sendeanlagen aus hochfrequenztechnischen Gründen bestimmte Anforderungen zu stellen sind. Ein Teil der Forderungen, wie niedrige Eigenkapazität, kleiner Kennwert ϱ und großer Exponent n, sind Ableitereigenschaften, die durch geeignete Bemessung und Gestaltung verbessert werden können.

Unter den zur Zeit handelsüblichen starkstromtechnischen Ableitern ist nach den aufgeführten Gesichtspunkten auszuwählen. Größe bzw. Bauart des Ableiters sind wie in der Starkstromtechnik nach Nenn- und Ansprechspannung der betrieblichen Hochfrequenzspannung am Anschlußpunkt bei niedrigster Betriebsfrequenz und nach der Prüfspannung des Senders festzulegen.

6. Bisherige Erfahrungen mit Überspannungsableitern an Sendeantennen

Zu Beginn des Sommers 1939 wurde in einer ferngeschalteten Sendeanlage ohne Bedienungspersonal auf Grund ausgeführter Überlegungen ein Ableiter eingebaut (Bild 7). Gewählt wurde ein Überspannungsableiter für 1,2 kV Nennspannung und 5,4 kV Ansprechspannung. Da die Prüfspannung des Senders über 10 kV lag, war die hohe Ansprechspannung ohne Bedeutung. Die statische Kapazität des Ableiters betrug 22 pF. Durch günstigen Einbau konnte die Schaltkapazität gering gehalten wer-

[3]) Vilbig, Lehrbuch der Hochfrequenztechnik. Verl. Vieweg (1939) S. 10 u. 24.

[4]) G. Frühauf, Die Grenzen der Belastbarkeit von Überspannungsableitern unter Berücksichtigung direkter Blitzeinschläge. ETZ 58 (1937) S. 441.

Bild 7. Probeweise eingebauter Überspannungsableiter.

den, so daß die gesamte Kapazität rd. 30 pF betrug. Da der Frequenzbereich der Anlage rd. 1200 bis 300 kHz, d. s. 250 bis 1000 m Wellenlänge, umfaßte, wurde der höchsten Frequenz entsprechend eine Zweidraht-*T*-Antenne mit 30 m Dachlänge verwendet. Leiterwerkstoff war Alu-Seil von $7 \cdot 7 \cdot 0{,}35\ mm^2$. Die Eigenwelle der Antenne lag bei 240 m; ihre Höhe war etwa 25 m über Erde. Der Wellenwiderstand wurde zu rd. 800 Ω berechnet.

Im ungestörten Zustand lag an der Anschlußstelle bei der Frequenz 300 kHz, d. s. 1000 m Wellenlänge, eine Spannung von 1400 V. Der Strom an dieser Stelle betrug $I_a = 2{,}8$ A. Die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung wurde zu 90 ° gemessen. Nach Anschluß des Ableiters war die Hochfrequenzspannung 1380 V und der Strom nur auf rd. 2,78 A gesunken. Mit den vorhandenen Mitteln wurde eine wesentliche Dämpfung nicht gefunden; der Phasenwinkel zwischen Strom und Spannung betrug noch 90 °.

Mit steigender Frequenz fiel die am Ableiter liegende Spannung; sie betrug bei 1200 kHz 390 V, im ungestörten Zustand 400 V, lag also dicht bei $U_{x\,\mathrm{opt}}$, das sich für diesen Fall zu 250 V errechnet. Die maximalen Ströme an dieser Stelle waren 3,2 und 3,16 A. Eine wesentliche Dämpfung konnte wiederum nicht ermittelt werden; der Phasenwinkel lag bei rd. 90 °. Bei Verändern der Frequenz von 1200 auf 300 kHz stieg der Verluststrom von 0,07 auf 0,09 A.

Die Ströme wurden mit einem Thermoamperemeter und die Spannungen mit einem Taschenröhrenvoltmeter gemessen. Die Phasenverschiebung wurde nach dem Dreivoltmeter-Verfahren und durch Berechnen aus dem Kosinussatz bestimmt. Obwohl beim Aufbau vermieden wurde, größere Störungen der Strom- und Spannungsverteilung durch den Anschluß des Taschenröhrenvoltmeters hervorzurufen, erheben die Messungen wegen der einfachen Mittel keinen Anspruch auf besondere Genauigkeit.

Auf Grund der günstigen Erfahrungen in einem gewitterreichen Zeitraum von acht Wochen wurden weitere Sender mit Überspannungsableitern versehen. In einer zweijährigen Betriebszeit konnten irgendwelche Beanstandungen nicht festgestellt werden. Da leider keine Ansprechzähler eingesetzt sind, kann über die Anzahl der Blitzeinschläge bzw. Ableitungen nichts ausgesagt werden. Zeichen- bzw. Signalverzerrungen und Betriebsstörungen bei Gewittern, die direkt über der Sendeanlage standen, wurden nicht bemerkt. Nach einem aus etwa 1000 m Entfernung beobachteten, sehr wahrscheinlich unmittelbaren Blitzschlag in eine Sendeanlage konnte eine Beschädigung des Ableiters und des Senders nicht festgestellt werden.

Weitere in der folgenden Zeit in ähnlichen Anlagen auch für größere Sender eingesetzte Überspannungsableiter ergaben ebenso nichts Nachteiliges. Der kurzzeitige Einsatz eines Ableiters für einen Kurzwellensender zeigte auch bei der Frequenz von 3000 kHz die Brauchbarkeit. Nähere Untersuchungen konnten nicht gemacht werden.

Zusammenfassung

Die Überlegungen, die zum Einbau von Überspannungsableitern zum Schutze von Funksendeanlagen führten, wurden dargestellt. Durch praktische Erfahrungen wurden sie weitgehend bestätigt. Bei niedrigen Frequenzen liegen einfache Verhältnisse vor; bei hohen Frequenzen müssen die günstigsten Werte für Ableiter und Antenne ausgewählt werden. Für den Ableiter sind kleine Kapazitäten sowohl der Funkenstrecke als auch beim Einbau des Ableiters zu fordern. Durch zweckmäßiges Gestalten der Ableiter nach hochfrequenztechnischen Gesichtspunkten und insbesondere durch Weglassen bzw. Verkleinern der in der Hochspannungstechnik üblichen Sprühschutzkappen sowie durch Verwenden eines Funkenstrecken-Isoliermittels niedriger Dielektrizitätskonstante läßt sich die Eigenkapazität des Ableiters wesentlich verringern. Durch entsprechende Antennenkreisausführung, Verlängern des Antennenleiters und Verkleinern der Antennenabstimminduktivität kann die Spannungsverteilung auf der Antenne so verändert werden, daß der Ableiter mit den geforderten optimalen Betriebswerten arbeitet. Die zusätzliche Antennenkreisdämpfung ist gering.

Die Grenzfrequenz kann bei richtiger Schaltung und entsprechendem Aufbau der Antennenanlage noch bis in den Kurzwellenbereich mit Frequenzen über 3 MHz verlegt werden. Die Überspannungsableiter hierfür müssen unter allen Umständen nach hochfrequenztechnischen Gesichtspunkten aufgebaut sein. Für beste Schutzwirkung ist ein großer Wellenwiderstand der Antenne erforderlich; dies kann durch Vergrößern der Antennenlänge bis zur Betriebswelle und Verkleinern des Leiterdurchmessers bis zum Grenzwert erreicht werden.

Die Betrachtungen wurden in der Annahme angestellt, daß die Anschlußstelle des Ableiters dicht bei dem zu schützenden Sender liegt und Strom und Spannung an dieser größer als Null sind. Der Anschluß von Überspannungsableitern am Antennenende, also im Stromknoten, wurde praktisch noch nicht untersucht. Mit für diesen Zweck zu schaffenden Ableitern ist die Einsatzmöglichkeit zu prüfen. Bei Energieübertragung über Kabel, die vorstehend nicht betrachtet wurde, dürften unter gleicher Annahme der stromerregten Antenne und bei Anschluß des Ableiters am Antennenspeisepunkt ebenfalls keine Bedenken gegen die Verwendungsfähigkeit des Überspannungsableiters als Schutzeinrichtung bestehen.

Der vorliegende Aufsatz stellt keine erschöpfende und abschließende Behandlung der Verwendungsmöglichkeit von Überspannungsableitern in Funksendeanlagen dar; er soll lediglich zur allgemeinen Untersuchung über die weitere Ausbildung und Verwendungsmöglichkeit der Überspannungsableiter zum Schutze von kleinen und mittleren Sendeanlagen anregen.

Glühkathoden-Gleichrichter

Von Franz Geyer VDE, Wien

DK 621.314.671

Übersicht. Die bisherigen Bauformen der Glühkathoden-gleichrichtergefäße aus Glas werden beschrieben. Auf die übliche Ausrüstung der Aggregate mit mehreren Einzelgefäßen wird hingewiesen und eine Begründung für diesen Aufbau gegeben. Der Aufsatz skizziert weiter, daß die Entwicklung pumpenloser Metallgefäße auch für die Glühkathodengefäße neue konstruktive Möglichkeiten bot, die zur Entwicklung einer Typenreihe für einen 40 bis 500 A umfassenden Strombereich mit mehrphasigen Gefäßen führte.

Bisherige Bauformen der Glühkathoden-Gleichrichter

Der Glühkathoden-Gleichrichter kann in dem Leistungsgebiet, das ihm seine kennzeichnenden Eigenschaften zuweisen, bereits auf eine langjährige Bewährung und erfolgreiche Behauptung seines Platzes gegenüber jüngeren Bauarten, beispielsweise Trockengleichrichtern, zurückblicken. Zum Bestücken der für Gleichrichtereinheiten verwendeten Entladungsgefäße, die bisher ausschließlich aus Glas gebaut waren, sind grundsätzlich Gleichrichterröhren mit zwei Bauformen zu unterscheiden:

1. einanodige oder zweianodige Röhren mit Edelgasfüllung und
2. Einanodenventile mit reiner Quecksilberdampffüllung ohne Edelgaszusatz.

Mit der erstgenannten Bauart wird das ganze Gebiet der Niederspannungsgleichrichter für Gleichspannungen bis zu etwa 250 V beherrscht, während die zweite ausgesprochen für Hochspannungen von einigen 1000 V verwendet wird.

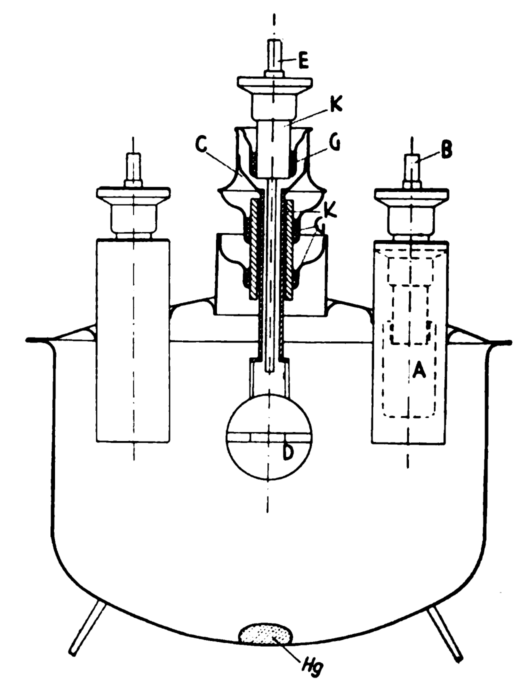
Mit diesen beiden Bauformen deuten sich auch die zwei grundsätzlichen Möglichkeiten von Maßnahmen für eine ausreichende Sperrfestigkeit in der Sperrphase bereits an. Das Einanodengefäß ist in der Hinsicht von vornherein im Vorteil, da es während der Sperrphase völlig stromlos ist, also die störende Einwirkung eines Lichtbogens auf die sperrende Anode wegfällt. Beim Anordnen mehrerer Anoden innerhalb eines Entladungsrohres müssen konstruktive Maßnahmen getroffen werden, die mit Hilfe entsprechender Abschirmungen Rückwirkungen der einzelnen Anoden aufeinander verhindern. Die überwiegende Anzahl derartiger Glühkathodenröhren ist zweianodig ausgeführt. Versuche haben nicht gefehlt, Glühkathodenröhren entsprechend den Quecksilberdampf-Glaskolben auch mehranodig, also drei- oder sechsanodig, auszuführen. Vereinzelt auftauchende, aber rasch wieder verschwindende Bauarten zeigten den äußeren Aufbau des Quecksilberdampfkolben, bei dem lediglich die flüssige Kathode durch die Glühkathode ersetzt war. Derartige Entladungsgefäße sind aber nur durch Handarbeit herstellbar und daher mit den maschinell gebauten Ein- und Zweianodenventilen wirtschaftlich nicht konkurrenzfähig.

Die Entwicklung einer armlosen drei- oder sechsphasigen Bauart erscheint wegen der damit verbundenen weitgehenden Erschwerung des Innenaufbaues und der Anordnung der zahlreichen Durchführungen wenig aussichtsreich. Vielfach wurde daher als Lösung beispielsweise die Anordnung von drei Zweianodenröhren in einem Drehstromgleichrichter versucht. In diesem Zusammenhang trat sogar die Scott-Schaltung wieder auf, um das Dreiphasensystem in ein Zweiphasensystem zu übersetzen und dadurch mit zwei Entladungsgefäßen in der Gleichrichtereinheit auszukommen.

Tatsächlich ist das Auflösen der Gleichrichtereinheit bei diesen in Betracht kommenden kleinen Leistungen in mehrere Entladungsgefäße besonders beim Glühkathoden-Gleichrichter technisch und wirtschaftlich schon wegen der Kathode nicht zu vertreten. Die Glühkathode muß nämlich für den auftretenden Spitzenstrom bemessen werden. Bei drei Gefäßen sind also drei Kathoden vorzusehen; dreimal muß die Heizleistung aufgebracht werden, und jede Kathode muß in der Lage sein, den Spitzenstrom der Einheit zu emittieren. Ferner ist bekannt, daß die Lebensdauer der Kathode um so günstiger wird, je gleichmäßiger und unterbrechungsloser sie mit Strom belastet wird. Auch in dieser Hinsicht ist also ein Mehrphasenbetrieb mit pausenlos brennendem Lichtbogen den Einzelgefäßen mit abwechselnd brennendem Lichtbogen vorzuziehen. Was zugunsten der Auflösung in Einzelgefäße sonst noch angeführt wird, beispielsweise die vereinfachte Reservehaltung, ist für große Einheiten von einigen 100 oder 1000 kW von Interesse, für den Leistungsbereich der Glühkathoden-Gleichrichter mit einigen kW ist dies unwichtig.

Pumpenlose Metallgefäße mit Glühkathoden

Die Entwicklung der pumpenlosen Quecksilberdampf-Gleichrichter mit Metallgefäß gab die Möglichkeit, auch das Entladungsgefäß mit Glühkathode als pumpenloses Metallgefäß zu bauen, wobei gegenüber den Glasröhren eine ganze Reihe technologisch bedingter Hemmungen wegfallen und sich zusammen mit der wesentlich größeren konstruktiven Freiheit in einer Reihe vorteilhafter Eigenschaften auswerten lassen. Dementsprechend wurde für Stromstärken von 40 bis 500 A eine umfassende Typenreihe von Metallgefäßen mit Glühkathode entwickelt, die im Sinne vorstehender Ausführungen drei- oder sechs-



A Anode
B äußerer Anodenanschluß
C äußerer Kathodenpol
D Glühkathode mit Wärmeschirm
E äußerer Anschluß der Heizwendel
G Dichtungswerkstoff der Durchführung
Hg Quecksilbertropfen
K Keramikrohr

Bild 1. Schematische Darstellung eines mehrphasigen Glühkathodengefässes aus Metall.

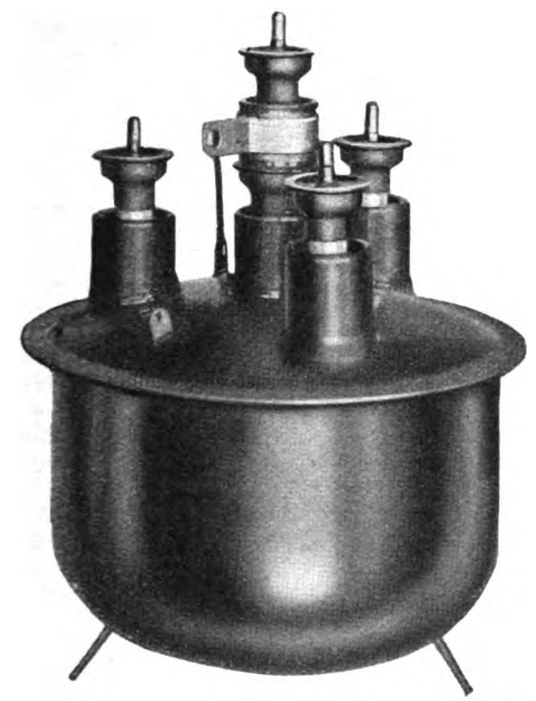


Bild 2. Ansicht eines dreiphasigen Glühkathodengleichrichters.

phasig gebaut sind, so daß zu einem Gleichrichter jeweils nur ein Vakuumgefäß gehört. Die Gefäße bestehen aus einem Stahlblechkessel, dessen Deckel die Durchführungen für Kathode und Heizung und die Anoden trägt; eine schematische Darstellung zeigt Bild 1. Die Durchführungen sind hochvakuumdicht als Metallkeramikverbindung hergestellt, die einwandfreie elektrische Eigenschaften mit weitgehender Temperaturfestigkeit vereinigt. Sämtliche Teile sind sowohl in mechanischer als auch in elektrischer Hinsicht reichlich bemessen. Trotzdem sind die Gesamtabmessungen des Gefäßes in Hinblick auf die Leistung, besonders im Vergleich mit anderen Bauarten, als gering zu bezeichnen. Bild 2 zeigt eine kennzeichnende Ausführung.

Durch günstiges Anordnen des Innenaufbaues gelang es, bei weitgehender Rückzündungssicherheit den Spannungsabfall auf nur etwa 10 bis 12 V zu halten. Die Gefäße besitzen eine indirekt geheizte Kathode[1]) und benötigen vor ihrem Inbetriebsetzen je nach Größe eine Anheizzeit von etwa 6 bis 15 min; Entladungsröhren mit direkt geheizter Kathode sind hinsichtlich der Anheizzeit im Vorteil. Die massiv gebaute, indirekt geheizte Kathode ist aber betriebsmäßig durch Lebensdauer, Widerstandsfähigkeit gegen Überlasten und Kurzschlüsse um so viel überlegen, daß der Nachteil ihrer größeren Anheizzeit weitaus wettgemacht wird. Überdies ergibt die indirekt geheizte Kathode einfache Schaltungsmöglichkeiten, die ein Schonen der Heizwendel im Betrieb gestatten, was sich wiederum für die Lebensdauer günstig auswirkt.

Bei Stromstärken über 40 A werden die Gefäße künstlich gekühlt, wobei die Kühlung zwecks Einregeln auf den jeweils kleinstmöglichen Spannungsabfall der Belastung angepaßt wird. Das Regelverfahren arbeitet völlig selbsttätig, stetig und relaislos. Der Leistungsbedarf für die Kühlung ist recht klein und beträgt etwa ¼ bis ½ % der Gleichrichterleistung.

1) DRP. 686 245 und ÖP. 145 007.

Anwendung und betriebliches Verhalten

Der Verwendungsbereich des Glühkathoden-Gleichrichters mit Metallgefäß ist vor allem durch das überdeckte Leistungsgebiet gegeben; für Stromstärken von 40 bis 500 A bei Spannungen von 35 bis 220 V wird er in fast allen Fällen zweckmäßig verwendet werden können. Besonders vorteilhaft ist seine Anwendung in Betrieben mit verhältnismäßig gleichmäßiger Belastung und nur langsamen Belastungsschwankungen, beispielsweise zum Laden von Akkumulatoren, Speisen von Bogenlampen, für kleine Gleichstromnetze zur Licht- und Kraftversorgung und dgl.

Die Lebensdauer der Gefäße wird von der Betriebswartung und den Betriebsbedingungen beeinflußt. Es ist wichtig, die Gefäße nicht schon vor Ablauf der Anheizzeit zu belasten. Bei verhältnismäßig ruhiger Last sind einige Gefäße schon seit über 25 000 h pausenlos eingeschaltet, ohne daß ein Verändern ihrer Eigenschaften feststellbar wäre.

Zusammenfassung

Nach kurzer Beschreibung des bisherigen Standes der Glühkathodengefäße in Glasbauart wird auf eine Typenreihe pumpenloser Metallgefäße mit Glühkathoden in mehrphasiger Ausführung hingewiesen. Die Gefäße ergeben einfachsten Aufbau der Gleichrichterapparatur, vereinigen kleine Abmessungen bei geringem Gewicht, mit vorteilhaften betrieblichen Eigenschaften. Niedriger Spannungsabfall, weitgehende Rückzündungssicherheit, massive überlastungs- und kurzschlußwiderstandsfähige, indirekt geheizte Kathode sind für die Gefäße kennzeichnend. Der Belastung angepaßte Kühlung gewährleistet den Betrieb bei jeweils kleinstem Spannungsabfall. Die Lebensdauer der Gefäße durchaus befriedigend, reicht bis zu 25 000 Stunden.

Leitungssparende Koordinatenschaltung für die Fernwirktechnik

Von **Alfred Stark** VDE, Berlin

DK 621.398 : 621.315.062.9

Übersicht. Eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten für die Koordinatenschaltung (K-Schaltung) wurde vom Verfasser bereits in früheren Veröffentlichungen[1]) angegeben. Nachstehend werden weitere Eigenschaften, Verwendungszwecke dieser Schaltung und die damit erreichbaren Ersparnismöglichkeiten betrachtet.

Bewährung und Wirtschaftlichkeit der Koordinatenschaltung

Befürchtungen, wonach die für die K-Schaltung notwendigen Trockensperrventile nicht betriebssicher genug sein sollen, sind unbegründet. Derartige Ventile werden schon seit Jahren in elektrischen Anlagen aller Art an betriebswichtigen Stellen benutzt und haben sich gut bewährt. Die Kosten der Ventile richten sich bekanntlich in der Hauptsache nach der Höhe der Sperrspannung, der durchfließenden Betriebsstromstärke, nach der Art des Betriebes, Dauer- oder aussetzender Betrieb, und der Stückzahl. Ventile, die nicht für Dauerbetrieb bestimmt sind und häufig in Fernschaltanlagen mit Impulsbetrieb angewendet werden, sind billiger als andere Ausführungen. Die Lebensdauer von Trockensperrventilen ist im normalen Betrieb unbegrenzt. Die elektrischen Eigenschaften unterliegen nur geringen Veränderungen durch Altern, die beim Entwurf der Anlagen berücksichtigt oder

1) A. Stark, Die Koordinatenschaltung und Anregungen zu ihrer praktischen Anwendung, ETZ 58 (1937) S. 445. S. a. B. Drescher, Die leitungssparende Multiplikationsschaltung. ETZ 61 (1940) S. 90 u. A. Stark, Ersatz der leitungssparenden Multiplikationsschaltung durch die Koordinatenschaltung, ETZ 61 (1940) S. 403.

auch später meist leicht ausgeglichen werden können. Die Ersparnisse an Werkstoffen und Kosten für das Beschaffen und Verlegen der Verbindungsleitungen sind in jedem Einzelfalle maßgebend dafür, ob der Mehraufwand für Sperrventile und sonstiges Zubehör das Anwenden der Schaltung rechtfertigt. Dies dürfte bei vielen Gelegenheiten und insbesondere bei Erweiterungen bestehender Anlagen mit einer begrenzten Zahl vorhandener Verbindungsleitungen für kleine und mittlere Entfernungen bis zu etwa 12 km der Fall sein. Bei Entfernungsüberbrückungen, die eine Betriebsspannung von mehr als 250 V gegen Erde erfordern würden, geht man zweckmäßig dazu über, auch für die K-Schaltung Hoch- oder Tonfrequenz-Übertragungskanäle zu benutzen.

Betriebliche Vorteile der K-Schaltung

Für den Betriebsmann ist es häufig wichtig, daß verwickelte Wählerschaltungen mit Kontrollimpulsen, Gleichlauf der Schaltgeräte zwischen Gebe- und Empfangsstelle und besondere Stromquellen am Empfangsort möglichst vermieden werden. Dies trifft bei der K-Schaltung zu. Auch der bei einigen Fernschalt- und Überwachungsverfahren erforderliche Zeitaufwand für Auswahl und Sicherstellung der Schaltbefehle entfällt; denn die K-Schaltung arbeitet praktisch ohne Zeitverzögerung. Die Sperrventile und Gebeschalter und gegebenenfalls notwendige Empfangsrelais sind einfach in ihrer Ausführung und deshalb weniger störanfällig. Ihre Beschaffung und der Bezug von Ersatzteilen beschränkt sich nicht auf Spezialfirmen. Die Instandhaltung der Anlagen ist auch durch weniger geübte oder schnell anlernbare Monteure möglich.

1. Gleichzeitige Übertragung mehrerer Steuer- und Meßwerte

Bei bestimmten Fernwirkanlagen, z. B. bei der Fernsteuerung von Maschinen, ist es fast immer notwendig, gleichzeitig mit der Betätigung von Regel- oder Anlaßgeräten ein oder mehrere Meßwerte vom Empfangsort auf die Kommandostelle zu übertragen. Bild 1 zeigt, daß es auch bei der K-Schaltung durchführbar ist, mehrere Steuerbefehle oder Fernmeßwerte gleichzeitig zu übertragen. Bei den angenommenen 9 Gebe- und Empfangsstellen in Bild 1 (*I* und *II*) könnten jeweils 3 Verbindungen gleichzeitig ohne gegenseitige Störung in Betrieb sein. Die Verbindungen *1*, *4* und *7* sind als Beispiel verstärkt gezeichnet. Wahlweise lassen sich die weiteren Verbindungen *2*, *5*, *8* oder *3*, *6*, *9* oder *1*, *2*, *3* oder *4*, *5*, *6* oder *7*, *8*, *9* gleichzeitig benutzen. Zu beachten ist die entsprechend stärkere Belastung der jeweiligen gemeinsamen Leitung einer Gruppe. Bei n Fernwirkverbindungen lassen sich in $2\sqrt{n}$-fachem Wechsel immer $\sqrt{n}$ Verbindungen zu gleicher Zeit betreiben.

Um sicherzustellen, daß innerhalb einer K-Anlage nicht mehr als ein Empfänger zu gleicher Zeit angesteuert werden kann, benutzt man als Geber doppelpolige Umschalter, die in bekannter Weise in Reihe an eine gemeinsame Stromquelle geschaltet sind und die während ihrer Arbeitsstellung zwangläufig den Anschluß weiterer K-Stromkreise verhindern. Den Vorrang in der Betätigungsmöglichkeit haben die der Stromquelle zunächst gelegenen Geber. In ähnlicher Weise läßt sich mit vierpoligen Gebeschaltern verhindern, daß mehr als $\sqrt{n}$ Geber gleichzeitig geschaltet werden können.

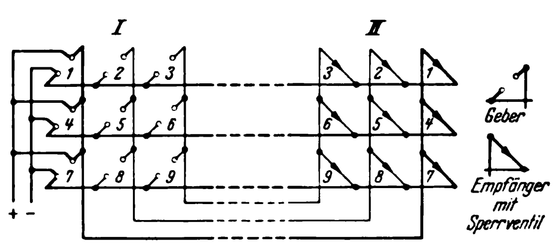


Bild 1. Mehrfachbetätigung bei der K-Schaltung.

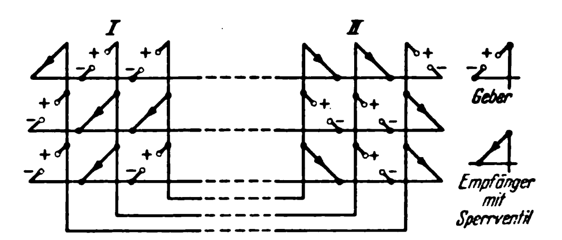


Bild 2. K-Schaltung für Betrieb in beiden Richtungen.

2. Wechselweiser Sende- und Empfangsbetrieb zweier Orte

Ein Beispiel für wechselweisen Gebe- und Empfangsbetrieb zwischen zwei Orten gibt Bild 2. Um auch bei dieser Anordnung gegen unerwünschte Mehrfachbetätigung der Geber gesichert zu sein, sieht man zweckmäßig eine gegenseitige Verriegelung der Hauptschalter für die beiden Stromquellen an beiden Orten vor; hierfür ist zusätzlich eine Verbindungsleitung notwendig. Auch hierbei ist gleichzeitiger Betrieb von $\sqrt{n}$ Verbindungen möglich. Bild 3 und Bild 4 geben bekannte Eindrahtsteuerschaltungen wieder, wie sie zum Fernbetätigen und Stellungsrückmelden für Schalter aller Art in Unterwerken, Straßenbeleuchtungsanlagen und dgl. häufig benutzt werden. Für n gewöhnliche Schaltungen sind hierbei $n + 1$ oder $n + 2$ Verbindungsleitungen erforderlich; in Verbindung mit der K-Schaltung ermäßigt sich diese Anzahl aber auf $2\sqrt{n} + 1$ oder $2\sqrt{n} + 2$ Leitungen.

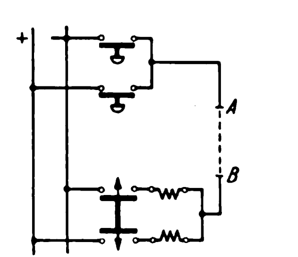


Bild 3. Eindrahtschaltung.

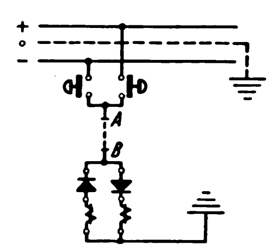


Bild 4. Eindrahtschaltung mit Sperrventilen und Nulleiter.

3. Eindrahtsteuerschaltung mit Koordinatenschaltung

Bild 5 zeigt als Beispiel eine solche K-Schaltung, die zum wahlweisen Herstellen von Eindrahtverbindungen zwischen den Punkten *A* und *B* der Schaltungen nach

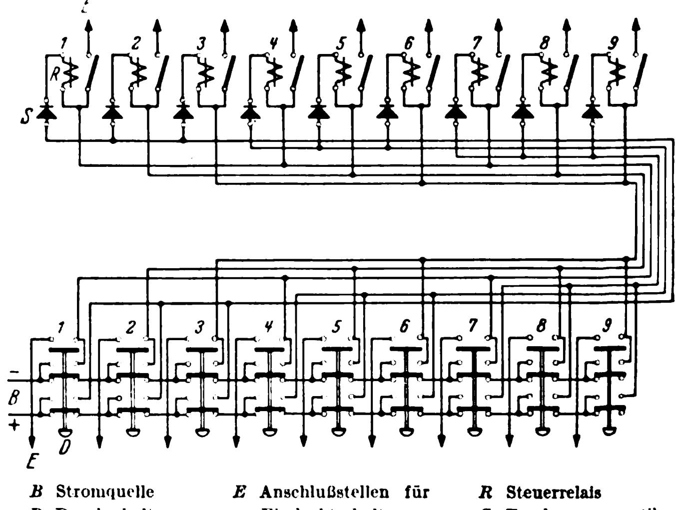


Bild 5. K-Schaltung zum Herstellen von Eindrahtverbindungen.

Bild 3 und 4 geeignet ist. Zusätzlich sind je Empfangsstelle ein einpoliges Relais und ein Sperrventil, je Gebestelle ein Druckumschalter und für den Geberort eine gemeinsame besondere Stromquelle (Gleichrichter) einzubauen. Um ein fortlaufendes Überwachen der Empfangsstellen am Geberort zu erzielen, kann man die Gebeschalter z. B. als Kontakte eines ständig umlaufenden Nockenschalters ausbilden und alle Empfangsstellen nacheinander einschalten. Auch das Verwenden fremdgesteuerter Schaltrelais an Stelle der Gebeschalter, die nacheinander über umlaufende Bürsten von Kommutatoren mit 24 V erregt werden, hat sich bei Versuchen bewährt. Sollen z. B. bei Straßenbeleuchtungsanlagen die Lampenrelais überwacht werden, so dürfte es genügen, alle 5 bis 10 s die Empfangsstelle anzusteuern und den Relaiszustand oder andere Störungen der Beleuchtungsanlage am Geberort zu prüfen. Zeitrelais, die an der Überwachungsstelle eingebaut werden, sprechen dann bei einer Störung nach spätestens 5 bis 10 s an, so daß im Bedarfsfalle der Störungswagen mit der Instandsetzungskolonne praktisch ohne Verzögerung eingesetzt werden kann.

4. Ersparnisse durch Fernbetätigen von Schaltern

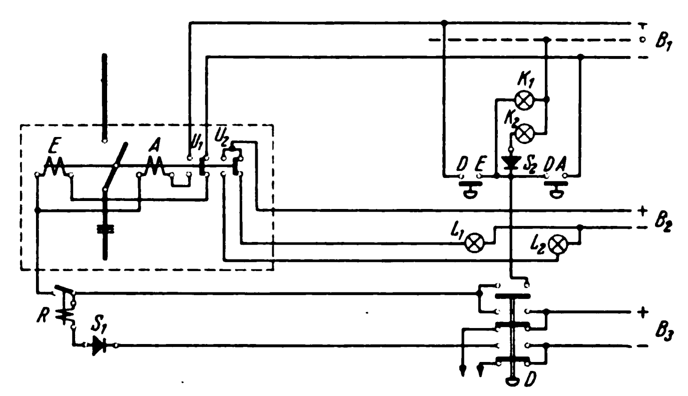
Die Rücksichtnahme auf die Betriebssicherheit hat manchen Betriebstechniker dazu veranlaßt, daß in elektrischen Starkstrom- und Hochspannungsanlagen die Fernbetätigung von Leistungs- und Trennschaltern, soweit sie elektrisch geschieht, für jeden Schalter über eine besondere Doppelleitung durchgeführt wird. Insgesamt werden für das Ein-, Ausschalten und für die Stellungsrückmeldung jedes Schalters meist 7 Leitungsdrähte mit einem Kupferquerschnitt von 6 mm² verlegt. In mittleren und großen Kraft- und Abspannwerken ist eine große Zahl derartiger Schalter vorhanden, so daß eine Vielzahl von Betätigungskabeln untergebracht ist. Nimmt man ein Werk mit 200 Schaltern an, die im Durchschnitt 150 m vom Fernbetätigungsort entfernt liegen, so ergeben sich 21 000 m Betätigungskabel von 10 × 6 mm² Kupfer. Bei einem angenommenen durchschnittlichen Beschaffungs- und Verlegungspreis von 7 RM je laufendem Meter sind hierfür 147 000 RM und 11 t Kupfer aufzuwenden. Im Hinblick auf die sonstigen Kosten für die übrigen Teile eines Kraft- oder Abspannwerkes sind diese Kosten für die Betätigungskabel der Schalter nicht ausschlaggebend; trotzdem sollte man auch auf diesem Gebiet versuchen, die Kosten und Werkstoffe durch Anwenden leitungssparender Betätigungsschaltungen zu vermindern, ohne dabei die für die Betriebssicherheit in Betracht kommenden Gesichtspunkte außer Acht zu lassen.

Anwenden der Koordinatenschaltung zur Fernsteuerung

Man verwendet heute Wählerschaltungen und andere leitungssparende Fernwirkverfahren für die Fernsteuerung wichtiger Werke bei großen Entfernungen, bei denen zum Teil die gesamte Fernwirkung von einer Doppelleitung oder einem Übertragungskanal abhängig ist. Bei kleinen und mittleren Entfernungen, bei denen diese Lösungen unwirtschaftlich wären, könnte mit Erfolg die K-Schaltung benutzt werden, die mindestens die gleiche Betriebssicherheit aufweist. Die Ersparnis an Betätigungskabel- und Verlegungskosten würden bei dem vorstehend angenommenen Fall etwa 60 000 RM und 4,5 t Kupfer betragen, wenn z. B. zwei K-Schaltgruppen zu je 100 Schaltern angewendet würden.

In Bild 6 und 7 werden Vorschläge gemacht, die K-Schaltung für die genannten Zwecke zu verwenden. Die richtige Ansteuerung des fernbetätigten Schalters über die K-Schaltung wird in der Schaltung nach Bild 6 vor jeder Schalthandlung durch besondere Kontrollampen oder dgl. geprüft, so daß bei gestörter Anlage Fehlschaltungen schon hierdurch vermieden werden können.

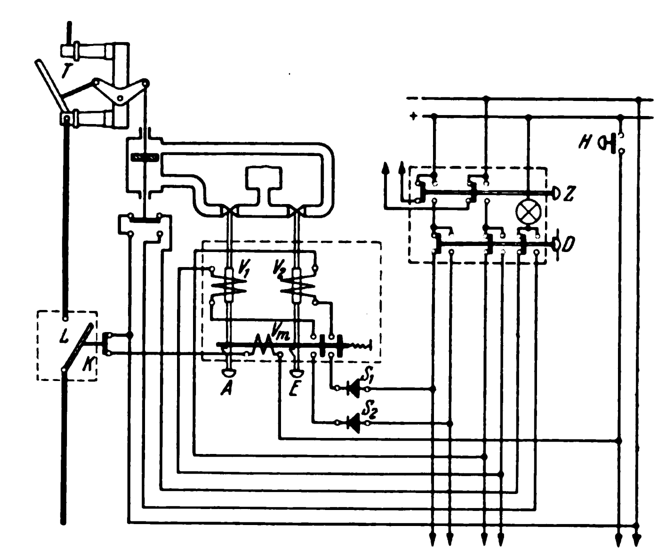
In Bild 6 ist die Anwendung der Koordinaten-Eindrahtschaltung zum Fernsteuern eines Leistungsschalters als Beispiel dargestellt. Der Druckschalter D stellt die Eindrahtverbindung zwischen Schalter und Fernbetätigungsstelle über den Kontakt des Relais R her. Die Kontrollampen L_1 und L_2 prüfen die richtige Ansteuerung und die augenblickliche Schalterstellung. Die Stellungsrückmeldelampen K_1 und K_2 ermöglichen einen Vergleich der Anzeige. Mittels der Druckschalter DE oder DA werden die Ein- oder Ausschaltspule A und E des Leistungsschalters betätigt. Die Umschaltkontakte U_1 und U_2 werden von der Welle des Leistungsschalters angetrieben.



A und E Betätigungsspulen des Leistungsschalters
B_1, B_2, B_3 getrennte Stromquellen
D Druckschalter
S_1, S_2 Trockensperrventile
DA und DE Aus- und Einschalter
K_1, K_2, L_1, L_2, Kontroll- und Rückmeldelampen
U_1 und U_2 Umschaltkontakte

Bild 6. Koordinaten-Eindrahtschaltung zum Fernbetätigen und Fernüberwachen eines Leistungsschalters.

Die in letzter Zeit häufiger angewendeten Druckluftsteuerungen von Leistungs- und Trennschaltern über elektrisch betätigte Druckluftsteuerventile lassen sich gleichfalls zum Ersparen von Leitungen mit der K-Schaltung verbinden. Bild 7 bringt als Beispiel eine solche Schaltung in Zusammenarbeit mit einem Steuerquittungsschalter. Normal wären bei n Schaltern $7n$ Verbindungsleitungen zu verlegen. Wählt man für die Ventilsteuerung die K-Schaltung, so sind nur



A und E Druckluftbetätigungen
D Drehschalter des Steuerquittungsschalters
H Hauptschalter für Verriegelungsmagnete
K Verriegelungskontakt des Leistungsschalters
L Leistungsschalter
S_1 und S_2 Trockensperrventile
T Trennschalter
V_m Verriegelungsmagnet
V_1 und V_2 Magnetantriebe für Druckluftventile
Z Zugschalter des Steuerquittungsschalters

Bild 7. Trennschalter mit Druckluftbetätigung und Fernsteuerung über Steuerquittungsschalter und K-Schaltung.

$4 \cdot n + 2 \cdot \sqrt{2n}$ Leitungen erforderlich. Bei $n = 50$ sind demnach 130 und bei $n = 100$ Schaltern 270 Schaltleitungen einzusparen.

Prüf- und Ausbaumöglichkeiten

Da die K-Schaltung, die bekanntlich mit Gleich- oder Wechselstrom betrieben werden kann, geschlossene Stromkreise nur bei einer bestimmten Stromrichtung bildet, lassen sich Leitungen und Sperrventile leicht durch Umkehr der Stromrichtung nachprüfen. Ferner läßt sich die Schaltung durch Erdschlußanzeiger in der Stromquellenzuleitung jederzeit auf Erdschlüsse kontrollieren.

Durch Nachlegen weniger Leitungen ist jede K-Anlage bezüglich der Fernwirkverbindungen beträchtlich zu erweitern. Liegen z. B. $2 \cdot \sqrt{n} = 10$ Leitungen und werden diese verdoppelt, so können bereits $4 \cdot 25 = 100$ Fernwirkverbindungen hergestellt werden.

Zusammenfassung

Auf einige besondere Eigenschaften der K-Schaltung und die zu erzielenden Werkstoff- und Kostenersparnisse wird eingegangen. Gleichzeitiger Betrieb mehrerer Schaltstellen und Gegenbetrieb innerhalb einer K-Gruppe werden beschrieben. Das Zusammenarbeiten der K-Schaltung mit der bekannten Eindraht-Fernsteuerung und Überwachen mit Steuerquittungsschaltern wird an Beispielen gezeigt.

Messen von p_H-Werten mit der Glaselektrode

DK 621.317.39 : 545.371

Die Glaselektrode hat für wartungsfreie Betriebskontrollmessungen[1]) infolge ihrer Anwendbarkeit im p_H-Bereich von 0 bis 13 und in allen Lösungen, deren Konzentration an Na- und K-Ionen 1 Mol/l nicht übersteigt, große Bedeutung gewonnen[2]). Sie besteht aus einer Glasmembrane, deren Dicke zwischen 0,02 und 0,1 mm liegt. Diese Glasmembrane wird in verschiedenartigen Formen je nach dem Anwendungszweck hergestellt. Der Nachteil der Glaselektrode liegt in ihrer Zerbrechlichkeit und in ihrer Hochohmigkeit, durch die beträchtliche Meßfehler entstehen können, wenn das Meßinstrument nicht hochohmig ist. In Anbetracht der Zerbrechlichkeit werden die Glaselektroden, die für Betriebskontrollzwecke verwendet werden, ausschließlich in Durchflußgefäße eingebaut. Weiterhin ist der Einfluß der Glassorte auf die Ausbildung einer der p_H-Wertdifferenz zwischen Innen- und Außenlösung proportionalen EMK wichtig. Als geeignet erwiesen hat sich das Corningglas 0,15 und das Schottglas 4073^{III} mit 72% SiO_2, 6% CaO und 22% Na_2O. Ein Gehalt von 10% Al_2O_3 oder B_2O_3 macht dagegen die Elektrodeneigenschaften zunichte. In Bild 1 ist der Quotient des Glaselektroden-Potentials ΔE_g und des Potentials der Wasserstoffelektrode ΔE_H für eine kölbchenförmige Glaselektrode aus Schottglas 4073^{III} in Abhängigkeit von der p_H-Wertdifferenz zwischen Innen- und Außenlösung dargestellt. Der Kurve entnimmt man, daß die Nernstsche Formel

$$\text{EMK} = \frac{R\,T}{F} \ln \frac{c_1}{c_2}, \qquad (1)$$

die für die Wasserstoffelektrode gilt, für die Glaselektrode im p_H-Wertbereich von $p_H = 1$ bis 9 nahezu erfüllt wird, während bei kleineren und größeren p_H-Werten geringere elektromotorische Kräfte auftreten.

Hierbei ist

R die molare Gaskonstante = 8,312 Ws/Grad, Mol,
T die absolute Temperatur = 273° + t° C,
F 96 540 Coulomb,
c_1 Wasserstoffionenkonzentration der Meßlösung,
und c_2 Wasserstoffionenkonzentration der Vergleichslösung.

Aus Bild 1 geht hervor, daß Glaselektroden empirisch geeicht werden müssen. Bei einem niederohmigen Sonderglas sind reproduzierbare Messungen über längere Zeit nur bei häufiger Nacheichung erhältlich. Der Widerstand aller Glasmembranen ändert sich mit der Temperatur nach der Beziehung

$$R_t = R_o \cdot 10^{-a}\,(t_t - t_o).$$

Für Elektroden aus dem Schottglas 4073^{III} hat a den Wert 0,0385 ± 0,0004 (zwischen 10 und 40° C); für solche aus dem Corningglas 015 ist $a = 0{,}040$ (zwischen 5 und 55° C). Aus dieser starken Temperaturabhängigkeit des Innenwiderstandes der Glaselektrode ergibt sich, daß Meßfehler vermieden werden, wenn bei Temperaturen zwischen 30 und 40° C gearbeitet wird. Bei Temperaturen unter 10° C wird der Innenwiderstand so hoch, daß genaue Meßergebnisse auch mit Elektrometern schwer zu erhalten sind.

Für die Eichung ist es vorteilhaft, folgende Elektrodenkette zu verwenden:

$$\text{Pt/H}_2\text{-Lösung/Glas/0,1 n HCl AgCl/Ag}.$$

Die EMK dieser Kette beträgt bei 20° C 0,3521 V so lange, wie die Lösung einen p_H-Wert hat, für den die Glaselektrode wie eine ideale Wasserstoffelektrode gemäß der Nernstschen Formel arbeitet.

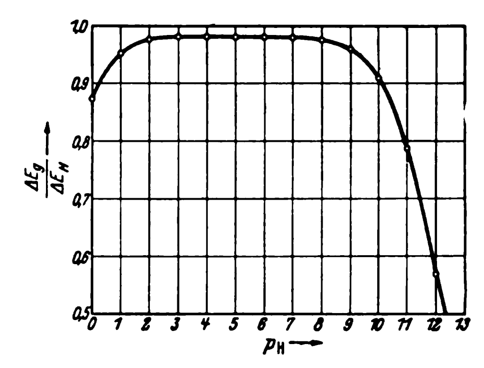


Bild 1. $\Delta E_g / \Delta E_h = f\,(p_H)$ für eine kölbchenförmige Glaselektrode aus Schottglas 4073^{III}.

Wegen ihrer Hochohmigkeit kommen als Meßgeräte für die stromlose Messung der von der Glaselektrode abgegebenen EMK im Laboratorium Binanten, Quadranten, Compton- oder Lindemann-Elektrometer sowie Kompensationsschaltungen mit ballistischem Galvanometer in Betracht, während im Betrieb Röhrenvoltmeter und lichtelektrische, selbsttätig abgleichende Kompensatoren mit Vorteil verwendet werden. Röhrenvoltmeter arbeiten mit hoher Genauigkeit, wenn Spezial-Elektronenröhren verwendet werden, die geringen Gitterstrom aufweisen, und wenn durch häufiges Neuabgleichen der Nulleinstellung sowie der benötigten Hilfsspannungen die störende Nullpunktwanderung und die sich ändernden Röhreneigenschaften ausgeglichen werden.

Eine wartungsfreie, betriebssichere und temperaturunabhängige p_H-Wert-Registrierung und -Regelung hoher Genauigkeit auf ± 0,05 p_H ist mit Hilfe eines selbsttätig abgleichenden lichtelektrischen Kompensators nach Lindeck-Rothe möglich[3]). Dabei wird der Kompensationswiderstand aus einem Werkstoff hergestellt, der bei Raumtemperatur den gleichen Temperaturkoeffizienten hat wie die sich aus Gl. (1) ergebende EMK. Der Widerstand ist in Glas eingeschmolzen und wird in die Meßlösung eingetraucht. Der Temperatureinfluß wird vollkommen kompensiert. *Sb.*

[1]) A. Kuntze, Arch. techn. Messen Lfg. 113 u. 114 (1940) V 332—12 u. V 332—13; 6 S., 9 B.

[2]) F. Lieneweg u. A. Naumann, Elektrometrische p_H-Messungen in der Technik. ETZ 61 (1940) S. 665 u. 690.

[3]) S. a. A. Kuntze, Neuartige lichtelektrisch gesteuerte Regelgeräte ETZ 61 (1940) S. 195.

RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.315.612.6

Isolatoren aus vorgespanntem Glas. [Nach Engineering 149 (1940) S. 449; 1 S., 4 B.]

Ein gleichmäßiges Erwärmen von Glasisolatoren auf Temperaturen, die wesentlich über der Entspannungstemperatur des Glases liegen, und nachfolgendes rasches Abkühlen ergibt eine solche Verteilung der mechanischen Spannungen im Glas, daß dessen Oberflächenschicht sich im Zustand der Druckspannung befindet[1]). Dadurch kann die Widerstandsfähigkeit gegen mechanische und elektrische Beanspruchungen verbessert werden. Die üblichen Formen der Stützen- und Hängeisolatoren lassen sich aus derartig vorgespanntem Glas herstellen. Kleine Stützen- und Hängeisolatoren werden in einer Hartgußform mit einem Hartgußstempel bei etwa 1000° einteilig gepreßt. Größere Stützenisolatoren können aus mehreren miteinander ohne nachgiebige Zwischenmittel mit einem Tonerdezement zu verkittenden Preßglocken hergestellt werden. Nach genügender oberflächlicher Verfestigung wird der Preßling aus der Form genommen und in einen Ausgleichofen mit einer Temperatur von etwa 700° gebracht; nach genügendem Temperaturausgleich wird der Isolator rasch mit Preßluft abgekühlt. Die abgekühlten Stücke werden dann in einem Ofen auf 550° sehr schnell erhitzt, wobei sich die Spannung in der Mittelschicht der Isolatoren durch Wärmeausdehnung der Oberflächenschichten vergrößert und fehlerhafte Stücke dabei ausgeschieden werden. Hierauf wird das Glas teilweise entspannt, indem es eine bestimmte Zeit auf 450° gebracht wird. Der fertige Isolator hat eine Oberflächenspannung von etwa 580 kg/cm². Bei der großen Widerstandsfähigkeit der so hergestellten Isolatoren gegen Temperaturwechsel kann hierfür ein Glas mit verhältnismäßig hoher Wärmedehnungszahl, z. B. ein Kalk-Soda-Glas verwendet werden, die der Wärmedehnung mit den Isolatoren zu verbindender Kappen und Stützen angepaßt ist. Dabei ist lediglich Rücksicht auf die Widerstandsfähigkeit des Glases gegen Verwittern zu nehmen. Beim elektrischen Durchschlag und Bruch wird das vorgespannte Glas unter Freiwerden der aufgespeicherten potentiellen Energie in zahlreiche kleine Bruchstücke zersprengt. Stützenisolatoren erhalten daher zweckmäßig Kappen aus Aluminium oder Kupfer, um die Leitung am Herabfallen zu hindern, wenn der obere Schirm durch Stoß oder dergleichen zersprengt werden sollte. [Anmerkung des Berichters: In dem Zerfall des vorgespannten Glases in kleine Einzelstücke beim Bruch scheint eine bedenkliche Schwäche solcher Isolatoren zu liegen, die insbesondere bei Hängeisolatoren verhängnisvoll werden kann. Die mitgeteilten Bruchwerte und Durchschlagspannungen lassen im übrigen keine Überlegenheit über gute Porzellanisolatoren erkennen.] *O. N*

Fernmeldetechnik

DK 621.395.653

Kreuzkontakte. [Nach B. F. Runyon, Bell. Labor. Rec. 18 (1940) S. 278; 5 S., 5 B.]

Versuche und Überlegungen werden beschrieben, die zur Einführung der aus zwei gekreuzten Edelmetallschienen bestehenden sogenannten Kreuzkontakte führten. Ziel der Gesamtentwicklung war, die aus bekannten Gründen wenig befriedigenden, der Geräuschbildung Vorschub leistenden unedlen Gleitkontakte der Wähler grundsätzlich durch relaisartig betätigte Edelmetallkontakte zu ersetzen und die Kontaktform zu finden, die je Kontakt den geringsten Edelmetallaufwand erfordert.

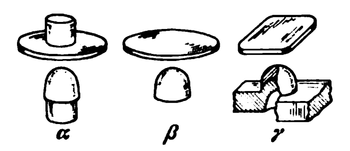


Bild 1. Bisher gebräuchliche Kontaktformen.

Kennzeichnend für die Entwicklung sind die in Bild 1 dargestellten Kontaktformen: Die Kontaktnieten α aus Platin wurden bis vor etwa 25 Jahren benutzt. Dann ging man zum Punktschweißen über und verwendete zum Aufschweißen auf die Federn Kontaktspitzen und Platten nach Form β. Mit der auf diese Weise eingesparten Platinmenge gab man sich noch nicht zufrieden. Vielmehr wurden systematische Untersuchungen mit dem Ziele angestellt, die im Hinblick auf die gewünschte Lebensdauer der Kontakte erforderliche Edelmetallmenge und deren günstigste Anordnung zu ermitteln. Zu dem Zweck wurden einige tausend Relais mit Kontakten der Form β untersucht; dabei wurde festgestellt, wie sich unter dem Einfluß der unvermeidbaren Fertigungs- und Justiertoleranzen die Berührungspunkte der Kontaktspitzen über die Kontaktscheiben verteilen. Das Untersuchungsergebnis zeigt Bild 2, in dem der Kreis die Größe der Kontaktscheibe von 2,3 mm Dmr. angibt. Jedes der in den Kreis eingezeichneten Quadrate hat einen Flächeninhalt von 0,02 mm². Augenscheinlich liegen 100 % aller Kontaktpunkte praktisch innerhalb eines dem Kreise einbeschriebenen Rechteckes mit den Kantenlängen A = 1,8 mm und B = 1,3 mm. Die außerhalb des Rechtecks liegenden Flächen machen rund 40 % der Kreisfläche aus. In dieser Größenordnung wurde Platin bei den Kontaktscheiben eingespart, als man auf Grund dieser Erkenntnisse von der Form β auf die Form γ in Bild 1 überging. Bei deren Kontaktspitzen schweißte man zur weiteren Ersparnis nur noch eine Platinkappe auf einen in die Relaisfeder gedrückten Butzen. Diese plattierten Kontaktspitzen bilden somit den Übergang zu den heute allgemein gebräuchlichen Bimetallkontaken.

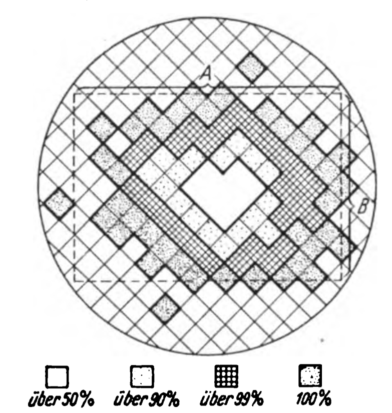


Bild 2. Verteilung der einzelnen Kontaktpunkte auf die Kontaktscheibe.

Die gegenüber der Kontaktform γ erzielbare weitere Ersparnis von Platin beruht auf folgenden Überlegungen: Nach Bild 2 ist am Zustandekommen des Stromschlusses von der Gesamtfläche A mal B nur eins der kleinen Quadrate jeweils beteiligt, dessen Seitenlänge unter Berücksichtigen praktischer Verhältnisse mit C angenommen werde. Um sicherzustellen, daß die Fläche C^2 unbedingt sicher auf eine gleich große Fläche der Scheibe A mal B trifft, müssen die Kanten A und B je um die Länge C vergrößert werden. Die Fläche A mal B wächst demnach auf $(A + C)$ mal $(B + C)$ an. Von den in diesem Produkt enthaltenen Teilflächen $A \cdot B + A \cdot C + B \cdot C + C^2$ ist nun der größte Teil, nämlich $A \cdot B$, bei gleicher Sicherheit der Kontaktgabe einsparbar, wenn man auf die Relaisfedern zwei unter 90° gekreuzte Stege mit den Kantenlängen $(A + C)$ und C und $(B + C)$ und C aufschweißt (Kreuzkontakte). Die Verhältnisse zeigt Bild 3. Für die Kontaktfedern der Koordinatenwähler (Crossbar) werden solche Kreuzkontakte verwendet; ihre Ausführungsform zeigt Bild 4 (a), bei der ein Palladiumsteg auf einen Träger aus Nickel aufgeschweißt ist. Das Verhältnis des benötigten Palladiums zum Nickel ist etwa 1 : 10. Gewählt wurde Palladium wegen seines verhältnismäßig geringen

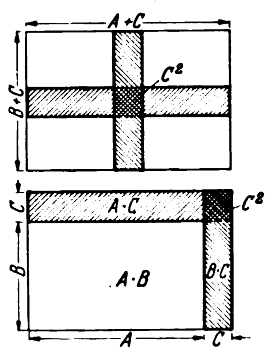


Bild 3. Grundsätzliche Anordnung der Kontaktschienen eines Kreuzkontaktes.

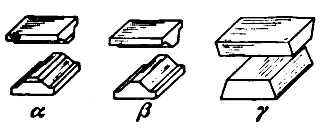


Bild 4. Neue Kreuzkontaktformen.

[1]) S. a. W. Estorff, die Temperatursturz-Prüfung von großen Porzellanisolatoren. ETZ 62 (1941) H. 4, S. 65.

spezifischen Widerstandes, und weil es hinsichtlich geringer Wählergeräusche am besten geeignet zu sein schien. Aus Ersparnisgründen wird es jedoch nur für in Sprechstromkreisen liegende Kontakte benutzt, für alle anderen verwendet man Silber. Als weitere Sicherung gegen Kontaktstörungen sind alle Federn mit Doppelkontakten ausgerüstet, durch die im Vergleich zu Einfachkontakten die Wahrscheinlichkeit von Kontaktstörungen etwa im Verhältnis 1 : 50 vermindert wird. Der Aufsatz schließt mit einem Hinweis auf die bei der Kontaktabnutzung mitwirkenden Einflüsse, wie die von den Kontakten zu verarbeitende Schaltleistung und hochfrequente Schwingungen. Praktisch kommt es auf eine gute Funkenlöschung an. Für schwierige Fälle und Kontakte höchster Lebensdauer werden massive Edelmetallstege der Form β und γ (in Bild 4) verwendet. [Anm. d. Ber.: In Deutschland verwendet man im allgemeinen in der Fernsprechtechnik Silber und Silberlegierungen für kleine und mittlere Schaltleistungen, Platin und Platinlegierungen für hohe Belastungen und Wolfram. Dies ist wegen seines hohen Schmelzpunktes (rd. 3660° C), seiner Härte, die an die des Iridiums fast heranreicht, und wegen seiner geringen Neigung zur Werkstoffwanderung für solche Fälle unentbehrlich, in denen bei hohen und schwankenden Belastungen eine Funkenlöschung undurchführbar ist. Die früher viel verwendeten Gold- und Palladium-Silberlegierungen (für mittlere Leistungen) und die Platin-Iridiumlegierungen (für hohe Leistungen) wurden mit gutem Erfolg durch Silber/Platin- bzw. Platin/Nickellegierungen vollwertig ersetzt. Mit Edelmetall plattierte Kontakte werden in großem Umfange benutzt (Bimetall-Kontakte). Von der Möglichkeit, die normalen Silberkontakte auf Relaisfedern aufzuschweißen und dadurch rd. 60% des Silbers einzusparen, hat man bisher kaum Gebrauch gemacht. Grund hierfür ist der geringe Silberpreis und die gegenüber den genieteten Kontakten erschwerte Auswechselbarkeit. Das Aufschweißen von Silberkontakten auf Relaisfedern wird sich voraussichtlich auf die nicht seltenen Fälle beschränken müssen, in denen wegen der gegebenen günstigen Belastungsfälle ein Auswechseln praktisch doch nicht in Betracht kommt.] W. Giesen

Elektrowärme

DK 621.186.82

Bestimmung der Größe von Wärmespeichern. [Nach R. Moser, Elektrizitätsverw. 15 (1940) S. 39; 16 S., 13 B.

Häufig werden kohlebetriebene Wärmeerzeugungsanlagen durch elektrische Wärmeerzeuger ersetzt. Liegt schwankende Wärmelast vor, so wird zum Anpassen an die Belastungskurve zwecks Erniedrigung des Anschlußwertes der Kessel und des Elektrizitätswerkes oft der Einbau eines Speichers vorgenommen. Man unterscheidet Dampf- und Warmwasserspeicher. Beim Dampfspeicher wird die Wärme in unter Druck gesetztem Heißwasser gespeichert. Die Dampfbildung geht infolge Drucksenkung vor sich; der Dampf entnimmt also seinen Wärmeinhalt dem zurückbleibenden Heißwasser. Beim Bemessen ist die Wärmeausdehnung des Wassers (etwa 7% bei 10 at) und ein Zuschlag für den Dampfraum (etwa 5%) zu berücksichtigen.

Warmwasserspeicher sind meist Schichtungsspeicher und haben kleinen Speicherinhalt. Ein Vergleich zeigt, daß der Dampfspeicher bei gleicher Leistung einen 2½ mal größeren Speicherinhalt als der Warmwasserspeicher und höheren Betriebsdruck benötigt. Infolge kleiner Abmessungen hat der Warmwasserspeicher geringe Ruheverluste, jedoch ist der Dampfspeicher anspruchsloser in der Form und Art der Aufstellung; er kann z. B. auch liegend aufgestellt werden. Insbesondere wird der Schichtungsspeicher System Magro beschrieben, bei dem die Heißwasserzufuhr oben stattfindet. Der Speicher ist gut und dauerhaft zu isolieren und in besonderen, wenig begangenen Räumen aufzustellen.

Man kennt Tages-, Wochen- und Monatsspeicher. Die Energiezufuhr geschieht zweckmäßig nach einem Schaltplan; die meistbenutzte Aufheizzeit (nachts) beträgt 8 h. Kurzzeitige Zwischenladungen, z. B. zwischen 12 und 14 Uhr, lassen die erforderliche Speichergröße erheblich kleiner werden.

Umfangreiche Angaben über die Aufstellung zweckmäßiger Wärmediagramme und dadurch bedingte Schaltpläne werden angegeben. Nachstehende Zahlentafel zeigt die sich ergebende Heizleistung für eine Erzeugung von 1 Mill WE täglich.

Zusammenfassend wird gesagt: Ohne Speicherung ergibt sich höherer Anschlußwert bei niedriger Gebrauchsdauer und Tagesstromabgabe, was ungünstig für Elektrizitätswerke ist. Mit Tagesspeicher wird kleiner Anschlußwert bei ziemlich hoher Gebrauchsdauer und Belastungskurvenebnung erreicht.

Tafel 1. Heizleistung für eine tägliche Erzeugung von 1 Mill WE.

	direkter Anschluß	Wärmeausgleich über 1 Tag	Wärmeausgleich über 1 Woche
notwendige Speicherung Mill WE	0	0,6	1,1
Speicherverluste dauernd kW	0	2,4	3,3
Speicherverluste im Jahr kWh	0	21 000	29 000
Wirkungsgrad der Speicherung %	—	94,4	92,5
Anschlußwerte ohne Speicherverluste kW	146	64,6	50,5
Anschlußwerte mit Speicherverlusten kW	—	68,5	54,6
Gebrauchsdauer der Anschlußwerte im Jahr h	2450	5 500	7 000

Bei Wochenausgleich ist Anschlußwert und Gebrauchsdauer günstig. Belastungsausgleich wird erzielt; die Energieabgabe ist am Wochenende am größten. Mehrwochenausgleich wird meist als reiner Sommerbetrieb gedacht und ist geeignet für Krankenhäuser, Anstalten u. dgl.; dabei ist der Wärmespeicher nicht zu klein zu wählen. *Mö.*

Theoretische Elektrotechnik

DK 621.315.1.015.532

Das Glimmen von Drähten im Zylinderfeld. [Nach F. Faulhaber, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 7, S. 431; 7 S., 10 B.]

Das Glimmen eines in einem Metallhohlzylinder von 68 cm Innendurchmesser ausgespannten Messingdrahtes von 1 mm Dmr. und einer freien Meßlänge von 1 m wird bei einer Wechselspannung von 50 Hz untersucht. Durch eine Gleichrichteranordnung wird der Mittelwert des Glimmstromes für beide Halbwellen getrennt gemessen. Das Glimmen in der positiven Halbwelle (Draht positiv gegen den Zylinder) setzt etwas früher ein (15,7 kV Effektivwert) als in der negativen Halbwelle (15,9 kV) und bleibt bis 67 kV größer; darüber hinaus führt die negative Halbwelle bis unmittelbar vor dem Durchschlag den größeren Strom. Der Durchschlag selbst setzt in der positiven Halbwelle ein.

Ferner wird mit Hilfe der Braunschen Röhre die Augenblicksspannung u in Abhängigkeit vom Glimmstrom i dargestellt. Die Kurven zeigen bei kleinem Effektivwert der Spannung ellipsenähnliche Gestalt, wie diese bei 90° Verschiebung zwischen annähernd sinusförmigem Strom und Spannung zu erwarten ist. Im Glimmbereich zeigt die Ellipse starke Verzerrungen und den von Holm[1]) beobachteten Buckel, welcher von etwa 30 kV Effektivwert an deutlich erkennbar wird. Bei höheren Spannungen ist der Buckel und der Bereich größten Stromes stark ausgeprägt. Die Glimmstromkurve läßt Kräuselungen sehr hoher Frequenz, etwa 20 bis 30 kHz, in der positiven Halbwelle und scharfe Zacken von sehr kurzer Dauer (etwa 10^{-4} s) in der negativen Halbwelle erkennen.

AUS LETZTER ZEIT

DVGW-Auftau-Richtlinien 1940. — Der im Jahr 1940 gegründete Ausschuß Rohrnetzbetrieb/Wasser des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern hat auf Grund der Erfahrungen des strengen Winters 1939/40 als erste Arbeit „Richtlinien für den Frostschutz und das Auftauen von Wasserleitungen"[2]) ausgearbeitet. Diese Richtlinien enthalten Maßnahmen für den vorbeugenden Frostschutz, Regeln für das Auftauen mit Dampfgeräten, Regeln für das Auftauen mit elektrischen Geräten sowie Hinweise für Maßnahmen in Sonderfällen. Die Regeln für das Auftauen mit elektrischen Geräten behandeln die Stromerzeugungsgeräte wie z. B. Auftau-Transformatoren, Schweißtransformatoren, Schweißumformer und dergleichen, die Vorbereitungen zum Auftauen wie Anschluß der Leitungen an die Wasserrohre, Erdung des Stromerzeugers u. dgl. sowie besondere Hinweise über den Auftauvorgang. Besondere Beachtung verdient der Satz: „Stets Elektrofachleute zur Mitarbeit hinzuziehen, um Fahrlässigkeiten zu vermeiden". Die Auftau-Richtlinien sind auch als Sonderdruck erschienen und können vom Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern, Berlin W 30, Geisbergstraße 3—4 bezogen werden.

[1]) R. Holm, Arch. Elektrotechn. 18 (1927) S. 567.
[2]) Gas- und Wasserfach 84 (1941) S. 46 und 71.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Vortragskurse für Ingenieure

Die im letzten Sommer abgehaltenen Vortragskurse über „Die Grundlagen der Wechselstromtechnik" und über „Elektrische Meßtechnik" werden im kommenden Winter mit gleichem Inhalt (vgl. Ankündigung ETZ 1941, H. 11, S. 302) wiederholt.

1. Grundlagen der Wechselstromtechnik.

Vortragender: Stud.-Rat Dipl.-Ing. Marx, Ingenieurschule Gauß.
Dauer: 18 Doppelstunden jeden Montag von 18^{00} bis 19^{30}, beginnend am 6. 10. 1941 (die Zeit vom 21. 12. 41 bis 4. 1. 42 ist vortragsfrei).
Ort: Ingenieurschule Gauß.

2. Elektrische Meßtechnik.

Vortragender: Stud.-Rat Dr. Schwerdtfeger, Ingenieurschule Gauß.
Dauer: 18 Doppelstunden jeden Freitag von 18^{00} bis 19^{30}, beginnend am 10. 10. 1941 (die Zeit vom 21. 12. 41 bis 4. 1. 42 ist vortragsfrei).
Ort: Ingenieurschule Gauß.

Außerdem wird der im 1. Vierteljahr dieses Jahres abgehaltene Kursus für Mathematik (vgl. Ankündigung ETZ 1940, H. 51, S. 1184) in erweiterter Form wiederholt:

3. Mathematik für Elektrotechniker.

Vortragender: Prof. Dr. Deckert, Ingenieurschule Gauß.
Dauer: 18 Doppelstunden jeden Donnerstag von 18^{00} bis 19^{30}, beginnend am 9. 10. 1941 (die Zeit vom 21. 12. 41 bis 4. 1. 42 ist vortragsfrei).
Ort: Ingenieurschule Gauß.

Die Teilnehmergebühr beträgt für jeden Kursus RM 15,—.

Die Anmeldung muß schriftlich beim VDE Bezirk Berlin, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, bis zum 17. 9. 1941 erfolgen. Die Teilnehmergebühr ist erst auf besondere Aufforderung einzuzahlen. Die Teilnehmerzahl ist für jeden Kursus auf 30 beschränkt.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

AEF

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen

Berlin-Charlottenburg 9, Akazienallee 32

(Schluß von S. 768)

Noch nicht endgültig

Aufg. 57. Größen des elektrischen Feldes[1]

1. Elektrische Feldstärke

Auf einen isolierten kleinen Prüfkörper, der die elektrische Ladung Q trägt, wirke in einem elektrischen Felde eine Kraft $\mathfrak{P}$. Dann heißt das Verhältnis $\mathfrak{P}/Q$ die „elektrische Feldstärke" $\mathfrak{E}$ an der betrachteten Stelle des Feldes. Ihre Richtung stimmt überein mit der Richtung der auf einen positiv geladenen Prüfkörper wirkenden Kraft.

Zur Bestimmung der elektrischen Feldstärke in einem Medium kann man den Prüfkörper in enge fadenförmige Kanäle bringen und wie vorher jedesmal die in der Richtung des Kanals liegende Komponente E_t der Feldstärke bestimmen.

Aus drei ebenenfremden Komponenten ergibt sich die elektrische Feldstärke an der betrachteten Stelle.

[1] Bearbeitet von H. Dießelhorst, F. Emde und J. Wallot.

2. Elektrische Spannung

Das Integral der elektrischen Feldstärke erstreckt über einen Weg heißt „elektrische Spannung längs dieses Wegs" (vgl. DIN 1323).

3. Influenzkonstante

Das Flächenintegral der elektrischen Feldstärke, erstreckt über die ganz im leeren Raum liegende Hüllfläche eines beliebigen Raumteils, ist erfahrungsgemäß proportional der Gesamtladung des Raumteils:

$$\oint \mathfrak{E}\, d\mathfrak{f} = \frac{1}{\varepsilon_0} \int \varrho \, d V = \frac{Q}{\varepsilon_0}, \qquad (1)$$

wo ϱ die Raumdichte der elektrischen Ladung, $d\mathfrak{f}$ das vektorische Element der Hüllfläche, V den Inhalt des Raumteils bedeuten. Die universelle Konstante ε_0 ist ein Erfahrungswert und heißt „Influenzkonstante".

4. Elektrische Verschiebung

Im leeren Raum heißt das Produkt $\mathfrak{D} = \varepsilon_0 \mathfrak{E}$ „elektrische Verschiebung". Im leeren Raum gilt also nach (1) der Satz

$$\oint \mathfrak{D}\, d\mathfrak{f} = \int \varrho \, d V = Q. \qquad (2)$$

Zur Bestimmung der elektrischen Verschiebung in einem Medium kann man in einem engen scheibenförmigen Schlitz die Komponente E_n der elektrischen Feldstärke in Richtung der Normale des Schlitzes messen. Dann ist $D_n = \varepsilon_0 E_n$ die Komponente der elektrischen Verschiebung in Richtung der Normale. Aus drei ebenenfremden Komponenten ergibt sich die elektrische Verschiebung an der betrachteten Stelle. Für sie gilt der Satz (2) allgemein.

5. Verschiebungsfluß

Das Integral der elektrischen Verschiebung erstreckt über eine Fläche heißt „Verschiebungsfluß durch diese Fläche".

6. Dielektrizitätskonstante

Das Verhältnis der Verschiebung $\mathfrak{D}$ zu der Feldstärke $\mathfrak{E}$ heißt „absolute Dielektrizitätskonstante" („absolute elektrische Durchlässigkeit") an der betrachteten Stelle. Die Influenzkonstante ε_0 wird deshalb auch als „absolute Dielektrizitätskonstante des leeren Raums" bezeichnet.

Das Verhältnis der absoluten Dielektrizitätskonstante zu der Dielektrizitätskonstante des leeren Raums heißt „relative (bezogene) Dielektrizitätskonstante".

Zur Bezeichnung der Dielektrizitätskonstante dient der Buchstabe ε. Er kann, wenn keine Verwechslungen zu befürchten sind, sowohl für die absolute wie für die relative Dielektrizitätskonstante benutzt werden. Wenn beide Dielektrizitätskonstanten nebeneinander vorkommen, so daß eine unterscheidende Bezeichnung nötig wird, kann ε_{abs} für die absolute und ε_{rel} für die relative Dielektrizitätskonstante gesetzt werden. Es ist also:

$$\mathfrak{D} = \varepsilon_{abs} \mathfrak{E} = \varepsilon_0 \varepsilon_{rel} \mathfrak{E}. \qquad (3)$$

Auch die Vorsätze „absolute" und „relative" vor dem Wort Dielektrizitätskonstante dürfen weggelassen werden, wenn dadurch keine Unklarheit entsteht.

7. Polarisation

Die Differenz

$$\mathfrak{P} = \mathfrak{D} - \varepsilon_0 \mathfrak{E} \qquad (4)$$

heißt „Polarisation".

8. Elektrische Suszeptibilität

Das Verhältnis der Polarisation zu der mit der Influenzkonstante multiplizierten elektrischen Feldstärke heißt „elektrische Suszeptibilität" (elektrische Aufnahmefähigkeit).

9. Eingeprägte elektrische Feldstärke und eingeprägte elektromotorische Kraft

Will man die Wirkung von Batterien, Thermoelementen und dergl. berücksichtigen, so kann man ihnen eine „eingeprägte elektrische Feldstärke" $\mathfrak{E}^e$ zuschreiben (vgl. DIN 1323).

Das Linienintegral der eingeprägten elektrischen Feldstärke, genommen über einen Leiter, in den Batterien, Thermoelemente und dergl. eingeschaltet sind, heißt „eingeprägte elektromotorische Kraft des Leiters".

10. Elektrisches Moment

Das Moment eines elektrischen Dipols ist das Produkt aus dem Betrag der Dipolladung und dem Dipolabstand. Als Vektor hat das Dipolmoment die Richtung vom negativen zum positiven Pol.

Das elektrische Moment eines elektrisch polarisierten Körpers ist die vektorische Summe seiner elementaren Dipolmomente.

Die Polarisation eines gleichförmig polarisierten Körpers ist das Verhältnis seines elektrischen Moments zu seinem Rauminhalt.

Ein elektrischer Dipol erfährt in einem homogenen elektrischen Feld, das senkrecht zu seiner Achse gerichtet ist, ein Drehmoment, dessen Betrag gleich dem Produkt aus dem elektrischen Moment und dem Betrag der elektrischen Feldstärke ist.

Erläuterungen

Allgemeines. Dem Entwurf, der eine Neufassung des in der ETZ 53 (1932) S. 138 veröffentlichten Entwurfs darstellt, liegt die Voraussetzung zugrunde, daß in der Elektrizitätslehre neben drei Grundgrößen der Mechanik noch eine vierte elektrische Größe als Grundgröße angenommen werden muß. Als solche wird die Elektrizitätsmenge gewählt. Auf dieser Grundlage werden Definitionen aufgebaut, die so aufeinander folgen, daß durch jede von ihnen eine und nur eine Größe neu eingeführt wird. Dadurch wird die Definitionenfolge übersichtlich, und man kann die Dimensionen der neu eingeführten Größen unmittelbar aus ihren Definitionsgleichungen ablesen.

So ist z. B. die elektrische Feldstärke nach Nr. 1 eine Kraft dividiert durch eine Elektrizitätsmenge, die elektrische Verschiebung nach Nr. 4 eine Elektrizitätsmenge dividiert durch eine Fläche. Die Dielektrizitätskonstante hat daher nach Nr. 7 die Dimension

$$\frac{(\text{Elektrizitätsmenge})^2}{\text{Kraft mal Fläche}} \quad \text{oder} \quad \frac{\text{Elektrizitätsmenge}}{\text{Spannung mal Länge}},$$

da die Kraft gleich einer Elektrizitätsmenge ist mal einer Spannung dividiert durch eine Länge. Nach den Definitionen des Entwurfs ist die Dielektrizitätskonstante also eine Größe mit Dimension.

Es ist nicht überflüssig, darauf hinzuweisen, daß in gleich eindeutiger Weise auch noch andere Definitionen gegeben werden könnten. So könnte man z. B. auch der Größe $\mathfrak{D}/\varepsilon_0 = \mathfrak{D}'$ den Namen „elektrische Verschiebung" geben und von der Benutzung des Begriffs der absoluten Dielektrizitätskonstante ganz absehen. Dann hätte nach Nr. 4 die „elektrische Verschiebung" dieselbe Dimension wie die elektrische Feldstärke. Bei dieser Art zu definieren bliebe aber die Gleichung (1) erhalten. Die Influenzkonstante ε_0 bliebe nach wie vor eine wichtige Naturkonstante; sie träte nur in andern Gleichungen auf, z. B. in der Integralform der Poissonschen Differentialgleichung (2), die die Form

$$\oint \mathfrak{D}' \,\mathrm{d}\mathfrak{f} = \frac{1}{\varepsilon_0} \int \varrho \,\mathrm{d}V$$

annähme.

Der AEF hat die Definition einer elektrischen Verschiebung $\mathfrak{D}'$ nicht deshalb verworfen, weil er sie für anfechtbar hielte, sondern weil er glaubt, daß das von ihm angenommene Definitionssystem zweckmäßiger ist und mehr dem bisher überwiegenden Gebrauch entspricht.

Bei den durch die Gleichungen (1), (2) und (4) ausgedrückten Grunddefinitionen gibt es zwei Schreibweisen, die hier benutzte rationale und die nichtrationale. Beim Übergang zur nichtrationalen Schreibung nehmen die genannten Gleichungen die folgenden Formen an[1]):

$$\oint \mathfrak{E} \,\mathrm{d}\mathfrak{f} = \frac{4\pi}{\varepsilon_0} \int \varrho \,\mathrm{d}V = \frac{4\pi Q}{\varepsilon_0},$$

$$\int \mathfrak{D} \,\mathrm{d}\mathfrak{f} = 4\pi \int \varrho \,\mathrm{d}V = 4\pi Q, \qquad \mathfrak{P} = \frac{\mathfrak{D} - \varepsilon_0 \mathfrak{E}}{4\pi}.$$

[1]) Die Gleichung (3) bleibt ungeändert.

Der AEF hat sich schon vor längerer Zeit aus einer Reihe von Gründen für die rationale Schreibweise entschieden. Diese Entscheidung hat zur notwendigen Folge, daß die Zahl 4π in einer — glücklicherweise nur geringen — Zahl von Einheitenbeziehungen auftritt. Das hierüber in Aufg. 52 Gesagte läßt sich auf die Zahlenrechnung mit Größen des elektrischen Feldes übertragen.

Der Entwurf „Magnetische Größen" (Aufg. 51) stellt ein möglichst genau entsprechendes Gegenstück zu dem vorliegenden Entwurf dar. Die Unterschiede, die zwischen den beiden Folgen von Definitionen noch bestehen, rühren davon her, daß sich die elektrischen und die magnetischen Felder im Grunde doch nicht vollkommen entsprechen.

Zu 4. Man kann die elektrische Verschiebung auch unmittelbar mit Hilfe zweier gleicher sich genau deckender leitender Kreisscheibchen messen, deren Dicken klein sind gegen ihre Durchmesser. Bringt man die Scheibchen an den Ort der Messung, so ist die auf einem Scheibchen influenzierte Ladungsdichte dem Betrage nach gleich der Komponente der elektrischen Verschiebung in Richtung der Scheibchennormale. Vgl. z. B. G. Mie, Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus, 2. Aufl., Stuttgart 1941, S. 105.

Für die Definition der elektrischen Verschiebung in einem Medium ist es wesentlich, daß die bei der Definition benutzten (Kelvinschen) Höhlungen leer sind, so daß die bei der Definition benutzte Konstante ε_0 eine in Nr. 3 bereits definierte Größe ist.

Zu 3 und 6. Der im Jahre 1932 veröffentlichte Entwurf bezeichnet die Influenzkonstante mit Δ. Die jetzt benutzte Bezeichnung ε_0 entspricht der von der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) im Jahre 1935 in Scheveningen festgesetzten Bezeichnung μ_0 für die Induktionskonstante.

Der AEF hält es nicht für zweckmäßig, für die Benennung und Bezeichnung der Dielektrizitätskonstanten allzu scharfe Vorschriften zu geben. Volle Einheitlichkeit wird sich doch nicht erreichen lassen. Auch in Zukunft wird die „Dielektrizitätskonstante ε" in theoretischen Betrachtungen häufig als eine absolute Größe, auf vielen andern Gebieten dagegen — z. B. durchgängig auf dem Gebiete der Erzeugung, Erforschung und Messung der Isolierstoffe — als eine relative Größe aufgefaßt werden.

Dieser Mangel an Einheitlichkeit ist unbedenklich, da nur in Ausnahmefällen Zweifel über die Bedeutung eines Wortes oder Zeichens möglich sein werden. Bei der Zahlenrechnung muß man vor allem beachten, daß für die absolute Dielektrizitätskonstante niemals die in den Zahlentafeln stehende, kurz „Dielektrizitätskonstante" genannte relative Dielektrizitätskonstante eingesetzt werden darf, sondern immer nur das Produkt aus ihr und der Influenzkonstante ε_0.

Zu 8. Die „elektrische Suszeptibilität" wird nur selten benutzt. Als Gegenstück zu der magnetischen ist sie jedoch der Vollständigkeit wegen aufgenommen.

Zu 9. In einem Leiter der Leitfähigkeit $\varkappa$ entsteht eine elektrische Stromdichte $\mathfrak{i}$, die der Summe $\mathfrak{E} + \mathfrak{E}^e$ proportional ist:

$$\mathfrak{i} = \varkappa \,(\mathfrak{E} + \mathfrak{E}^e)$$

In die 2. Maxwellsche Gleichung und das (ihr entsprechende) Induktionsgesetz ist die Feldstärke $\mathfrak{E} = \mathfrak{i}/\varkappa - \mathfrak{E}^e$ einzusetzen.

Man beachte, daß Heaviside, Föppl, Abraham und andere entgegen dem hier Festgesetzten die Summe $\mathfrak{E} + \mathfrak{E}'$ „elektrische Feldstärke $\mathfrak{E}$" genannt haben.

Zu 10. Näheres über den Zusammenhang des elektrischen Moments mit der Polarisation findet man z. B. in der Einführung in die theoretische Physik von C. Schaefer, 3. Bd., 1. Teil, 14. Man hat zu setzen: die Raumdichte der (fiktiven) elektrischen Ladung gleich $-\operatorname{div} \mathfrak{P}$, die von einer Ladung Q in der Entfernung r erzeugte elektrische Feldstärke gleich $Q/(4\pi\varepsilon_0 r^2)$.

Noch nicht endgültig

Aufg. 85. Vektorzeichen[1])

(1) Vektoren werden mit deutschen Buchstaben bezeichnet: $\mathfrak{a}, \mathfrak{b}, \ldots; \mathfrak{A}, \mathfrak{B}, \ldots$. Soll ein Vektor durch seinen Anfangspunkt P und seinen Endpunkt Q dargestellt werden, so schreibt man $\overrightarrow{PQ}$.

(2) Der Betrag eines Vektors $\mathfrak{A}$ wird mit $|\mathfrak{A}|$ oder, falls kein Mißverständnis zu befürchten ist, mit A bezeichnet. Die Entfernung der Punkte P und Q ist also mit $|\overrightarrow{PQ}|$ zu bezeichnen, wofür kurz PQ gesetzt werden darf.

[1]) Bearbeitet von G. Feigl und C. Schaefer.

(3) Der zum Vektor $\mathfrak{A}$ gehörige Einheitsvektor wird mit $\mathfrak{A}^{\circ}$ bezeichnet:

$$\mathfrak{A} = |\mathfrak{A}|\,\mathfrak{A}^{\circ} \; (= A\mathfrak{A}^{\circ}).$$

(4) Zur Darstellung der Vektorsumme und Vektordifferenz dienen das gewöhnliche Plus- und Minuszeichen: $\mathfrak{A} + \mathfrak{B}$, $\mathfrak{A} - \mathfrak{B}$.

(5) Das Produkt eines Skalars p mit einem Vektor $\mathfrak{A}$ wird $p\mathfrak{A}$ oder $\mathfrak{A}p$ geschrieben.

(6) Die **Grund- oder Maßvektoren**, drei nicht derselben Ebene parallele Vektoren, werden mit $\mathfrak{e}_1$, $\mathfrak{e}_2$, $\mathfrak{e}_3$ bezeichnet. Sind die Grundvektoren insbesondere drei aufeinander senkrechte Einheitsvektoren, so wird für sie die Bezeichnung $\mathfrak{i}$, $\mathfrak{j}$, $\mathfrak{k}$ benutzt.

(7) In der für jeden Vektor $\mathfrak{A}$ des Raumes gültigen und eindeutigen Darstellung

$$\mathfrak{A} = A_1\,\mathfrak{e}_1 + A_2\,\mathfrak{e}_2 + A_3\,\mathfrak{e}_3$$

heißen die Skalare A_1, A_2, A_3 die **Maßzahlen** und, wenn die Grundvektoren insbesondere Einheitsvektoren sind, die **skalaren Komponenten** des Vektors $\mathfrak{A}$ in bezug auf diese Grundvektoren. Bei drei aufeinander senkrechten Einheitsvektoren als Grundvektoren bezeichnet man die skalaren Komponenten durch A_x, A_y, A_z:

$$\mathfrak{A} = A_x\,\mathfrak{i} + A_y\,\mathfrak{j} + A_z\,\mathfrak{k}.$$

Ferner heißen die Vektoren

$$\mathfrak{A}_1 = A_1\,\mathfrak{e}_1,\quad \mathfrak{A}_2 = A_2\,\mathfrak{e}_2,\quad \mathfrak{A}_3 = A_3\,\mathfrak{e}_3$$
$$(\text{oder } \mathfrak{A}_x = A_x\,\mathfrak{i},\quad \mathfrak{A}_y = A_y\,\mathfrak{j},\quad \mathfrak{A}_z = A_z\,\mathfrak{k})$$

die **vektorischen Komponenten** des Vektors $\mathfrak{A}$ in bezug auf die drei Grundvektoren $\mathfrak{e}_1$, $\mathfrak{e}_2$, $\mathfrak{e}_3$ (oder $\mathfrak{i}$, $\mathfrak{j}$, $\mathfrak{k}$).

(8) Die **senkrechte vektorische Projektion** des Vektors $\mathfrak{A}$ auf den Vektor $\mathfrak{B}$, d. h. auf eine Gerade, in der durch den Vektor $\mathfrak{B}$ eine Richtung festgelegt worden ist, wird mit $\mathfrak{A}_{\mathfrak{B}}$ bezeichnet. Die vektorische Projektion $\mathfrak{A}_{\mathfrak{B}}$ ist ein Vektor und unterscheidet sich von $\mathfrak{B}$ nur um einen Zahlenfaktor, der mit einem lateinischen Buchstaben zu bezeichnen ist.

Die in (7) erklärten vektorischen Komponenten von $\mathfrak{A}$ in bezug auf drei aufeinander senkrechte Grundvektoren sind die senkrechten vektorischen Projektionen von $\mathfrak{A}$ auf diese Vektoren.

Zusatz zu (7) und (8): Die Beiwörter vektorisch und skalar können bei Komponente und Projektion auch weggelassen werden, wenn aus dem Zusammenhang hervorgeht, ob es sich um einen Vektor oder einen Skalar handelt.

(9) Das **skalare Produkt** der Vektoren $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ wird durch $\mathfrak{A}\mathfrak{B}$ bezeichnet, gesprochen $\mathfrak{A}\mathfrak{B}$. Im Bedarfsfall kann zwischen die Faktoren ein Punkt gesetzt werden. Vektorsummen, Vektordifferenzen und skalare Produkte sind nötigenfalls in runde Klammern einzuschließen: $(\mathfrak{A} \pm \mathfrak{B})\,\mathfrak{C}$, $(\mathfrak{A}\mathfrak{B})\,\mathfrak{C}$.

Zusatz: $\mathfrak{A}^2$ bedeutet das skalare Produkt des Vektors $\mathfrak{A}$ mit sich selbst.

(10) Das **vektorische Produkt** oder kurz Vektorprodukt der Vektoren $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ wird durch $\mathfrak{A} \times \mathfrak{B}$ bezeichnet, gesprochen $\mathfrak{A}$ Kreuz $\mathfrak{B}$. Werden bei mehrgliedrigen Produkten Klammern gebraucht, so wähle man beim Vektorprodukt die eckige Klammer, z. B. $\mathfrak{A} \times [\mathfrak{B} + \mathfrak{C}]$.

(11) Das **dyadische Produkt** der Vektoren $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ wird durch $\mathfrak{A};\mathfrak{B}$ bezeichnet, gesprochen $\mathfrak{A}$ Strichpunkt $\mathfrak{B}$.

(12) Für den **Gradienten** des Skalars φ, für die **Divergenz** und den **Rotor** des Vektors $\mathfrak{A}$ werden die Bezeichnungen grad φ, div $\mathfrak{A}$, rot $\mathfrak{A}$ benutzt.

Zusatz: Werden zwei der Operationen grad, div, rot hintereinander ausgeführt, so wird das durch Nebeneinanderstellen der betreffenden Zeichen ausgedrückt, z. B.: div grad φ (Divergenz des Gradienten von φ), rot rot $\mathfrak{A}$.

(13) Der **Hamiltonsche Operator** wird mit ∇, gesprochen Nabla, unter Hervorhebung der unabhängigen Veränderlichen auch mit $\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\mathfrak{r}}$ bezeichnet. Wenn seine Anwendung auf Gradienten, Divergenzen oder Rotoren führt, so sind in den Ergebnissen die in (12) vorgeschlagenen Bezeichnungen zu bevorzugen.

Zusatz zu (12) und (13): Wenn in grad $(\mathfrak{A}\mathfrak{B})$ oder ähnlichen Ausdrücken $\mathfrak{A}$ als veränderlich und $\mathfrak{B}$ als konstant angesehen werden soll, so ist der konstante Vektor $\mathfrak{B}$ mit dem Zeiger c zu versehen: grad $(\mathfrak{A}\mathfrak{B}_c)$.

Bemerkungen

In der vorstehenden Zusammenstellung schlägt der AEF nach Möglichkeit jeweils nur **ein** Zeichen vor in der Hoffnung, auf diesem Wege in Deutschland zu einheitlichen Bezeichnungen in der Vektorrechnung zu gelangen. Auf die im deutschen Schrifttum daneben noch gebräuchlichen wichtigsten Bezeichnungen soll im folgenden hingewiesen werden, aber ohne daß dabei Vollständigkeit angestrebt wird.

Zu (1): Ein Vektor kann, statt durch einen deutschen Buchstaben, auch durch einen überstrichenen lateinischen oder griechischen Buchstaben bezeichnet werden, z. B. die vektorische Winkelgeschwindigkeit durch $\overline{\omega}$. Statt $\overrightarrow{PQ}$ kann auch $\overline{PQ}$ geschrieben werden.

Zu (2): Für den Betrag des Vektors $\overline{\omega}$ schreibt man ω.

Zu (5): In manchen Fällen ist es übersichtlicher, den vektorischen Faktor an die erste und den skalaren an die zweite Stelle zu setzen, z. B. $\mathfrak{A}\sin\varphi$.

Zu (6): Die Grund- oder Maßvektoren $\mathfrak{e}_1$, $\mathfrak{e}_2$, $\mathfrak{e}_3$ brauchen nicht Einheitsvektoren und nicht einmal gleich lang zu sein, auch brauchen sie nicht paarweise aufeinander senkrecht zu stehen.

Zu (7): Der Vektor mit den Maßzahlen A_1, A_2, A_3 kann auch durch (A_1, A_2, A_3) bezeichnet werden.

Zu (8): Zur Erläuterung dienen die folgenden beiden Bilder: $\mathfrak{A} = \overrightarrow{PQ}$, $\mathfrak{A}_{\mathfrak{B}} = \overrightarrow{P'Q'}$; $\mathfrak{A}_{\mathfrak{B}}$ unterscheidet sich von $\mathfrak{B}$ nur um einen Zahlenfaktor x: $\mathfrak{A}_{\mathfrak{B}} = x\,\mathfrak{B}$. In Bild 1 ist x positiv, in Bild 2 negativ.

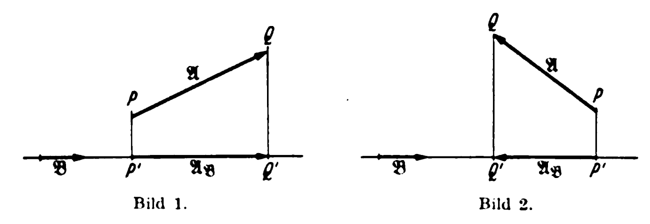


Bild 1. Bild 2.

Zu (8): Statt skalares Produkt sagt man auch inneres Produkt.

Bei der Wahl der in (9), (10), (11) angegebenen Bezeichnungen für die drei Vektormultiplikationen, die von den früher vom AEF vorgeschlagenen z. T. abweichen [vgl. Verhandlungen des AEF in den Jahren 1907 bis 1927 (Berlin 1928), S. 29/32], ist der AEF davon ausgegangen, daß der Gebrauch des Zeichens $\mathfrak{A} \times \mathfrak{B}$ für das vektorische Produkt in Deutschland mehr und mehr im Zunehmen begriffen ist. Die weitere Empfehlung des Zeichens $[\mathfrak{A}\mathfrak{B}]$ durch den AEF hätte daher wohl keine Aussicht mehr auf allgemeine Befolgung.

Die drei hier behandelten Vektormultiplikationen stehen in einer bestimmten Reihenfolge, insofern als sie zwei Vektoren einmal zu einem Skalar, dem skalaren Produkt, einmal zu einem Vektor, dem vektorischen Produkt, und einmal zu einem Tensor, dem dyadischen Produkt, verknüpfen. Die skalare Multiplikation ist die stärkste Verknüpfung; dann kommt die vektorische, schließlich die dyadische Multiplikation. Um diese Reihenfolge auch in der Bezeichnung auszudrücken, ist dem skalaren Produkt als der stärksten Verknüpfung die Bezeichnung $\mathfrak{A}\mathfrak{B}$ beigelegt worden. Das Zeichen $\mathfrak{A} \times \mathfrak{B}$ für das vektorische Produkt liegt bereits fest. Da es nun nicht ratsam scheint, den Produkten $\mathfrak{A}\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{A} \cdot \mathfrak{B}$ verschiedene Bedeutung beizulegen, und da überdies der Gebrauch von $\mathfrak{A}\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{A} \cdot \mathfrak{B}$ nicht einheitlich ist, so ist für das dyadische Produkt der Vektoren $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ das Zeichen $\mathfrak{A};\mathfrak{B}$ gewählt worden.

Zu (10): Statt vektorisches Produkt sagt man auch äußeres Produkt und gebraucht dafür auch das bisher vom AEF allein empfohlene Zeichen $[\mathfrak{A}\,\mathfrak{B}]$. Unter Benutzung des Zeichens $\times$ wird z. B. das vektorische Produkt aus dem Vektor $\mathfrak{A}$ und dem vektorischen Produkt der Vektoren $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{C}$ als $\mathfrak{A} \times [\mathfrak{B} \times \mathfrak{C}]$, bei ausschließlicher Benutzung der eckigen Klammer dagegen als $[\mathfrak{A}\,[\mathfrak{B}\,\mathfrak{C}]]$ geschrieben.

Das skalare Produkt aus $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B} \times \mathfrak{C}$ heißt das **Spatprodukt**; es ist gleich der Determinante aus den skalaren Komponenten der drei Vektoren in bezug auf drei paarweise senkrechte Einheitsvektoren $\mathfrak{i}$, $\mathfrak{j}$, $\mathfrak{k}$, stellt das Volumen des von den drei Vektoren aufgespannten Spats (Parallelepipedons) dar und wird häufig als $(\mathfrak{A}\,\mathfrak{B}\,\mathfrak{C})$ oder $\mathfrak{A}\,\mathfrak{B}\,\mathfrak{C}$ bezeichnet:

$$\mathfrak{A}\,(\mathfrak{B} \times \mathfrak{C}) = \begin{vmatrix} A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \\ C_x & C_y & C_z \end{vmatrix} = (\mathfrak{A}\,\mathfrak{B}\,\mathfrak{C}) = \mathfrak{A}\,\mathfrak{B}\,\mathfrak{C}.$$

Zu (13): $\nabla^2 = \dfrac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}\mathfrak{r}^2}$ kann durch den Laplaceschen Operator Δ ersetzt werden. Mit den Bezeichnungen ∇ und $\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\mathfrak{r}}$ für den Hamiltonschen Operator gilt z. B. die Formel:

$$\text{rot}\,\mathfrak{v} = \nabla \times \mathfrak{v} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\mathfrak{r}} \times \mathfrak{v}.$$

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 537 : 538

Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus. Eine Experimentalphysik des Weltäthers für Physiker, Chemiker, Elektrotechniker. Von Geh. Regierungsrat Prof. G. Mie. 2. umgearb. Aufl. Mit 318 B., XIX u. 638 S. im Format 160 × 240 mm. Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart 1941. Preis geh. 46 RM, geb. 49 RM.

Die zweite Auflage des Mie'schen Lehrbuches ist hinsichtlich des Aufbaues gegenüber der ersten Auflage im wesentlichen gleichgeblieben. Das darüber in der ersten Besprechung Gesagte[1]) kann auch hier in vollem Umfange aufrechterhalten und braucht daher nicht wiederholt zu werden. Es trifft dies besonders wieder auf die leichte Lesbarkeit zu, obwohl der Verfasser durch reichlichere Einstreuung mathematischer Formeln den wissenschaftlichen Wert des Buches stark gehoben hat. Um das Eindringen in den mathematischen Teil zu erleichtern, wurde den Hauptabschnitten eine allgemeine Einleitung vorausgeschickt, in der die Begriffe des Unendlichkleinen und die Vektorrechnung behandelt werden. Ein weiterer Unterabschnitt befaßt sich mit der Energie und ihren Erscheinungsformen.

Bereits bei diesem Unterabschnitt wird dem Leser die stark physikalische Ausrichtung des Buches bewußt, die auch allen späteren Ausführungen zugrunde liegt und auch im Buchuntertitel „Eine Experimentalphysik des Weltäthers für Physiker, Chemiker und Elektrotechniker" zum Ausdruck kommt. Trotzdem oder vielleicht gerade deswegen kann das Buch auch Elektrotechnikern bestens empfohlen werden, da ja gerade der Elektrotechniker immer mehr in die Gedankenkreise des Physikers gedrängt wird und in vielen bestehenden Lehrbüchern der Elektrotechnik dieser physikalische Standpunkt vielleicht etwas zu sehr vernachlässigt wird.

Der Hauptstoff wird in die zwei Kapitel „Elektrostatik" und „Elektrodynamik" eingeteilt, wobei in der Elektrostatik, vielleicht nicht ganz glücklich, auch das stationäre Strömungsfeld, die Elektrizitätsleitung in Gasen und die Korpuskularstrahlung behandelt werden, während in der Elektrodynamik noch das Relativitätsprinzip und die Quantenphysik aufgenommen sind.

Zu einzelnen Abschnitten des Buches möchte der Besprecher, ohne die obige allgemeine Beurteilung zu beeinflussen, noch folgendes bemerken:

Sehr breit ist die Besprechung der Kontaktspannungen, der Doppelschichten und der elektrolytischen Erscheinungen gehalten. Hier könnte vielleicht Platz geschaffen werden zur Begründung mancher mehr dogmatisch angeführter Lehrsätze beispielsweise bei den Energiebetrachtungen, vor allem aber bei der Besprechung des Relativitätsprinzips und der Quantenphysik, die um eine Größenordnung schwieriger zu lesen sind als die übrigen Abschnitte des Buches. Auch im Abschnitt über die dielektrische Polarisation würde man die Ableitung mancher Ergebnisgleichungen begrüßen. Die Kapitel 240, 241 und 309 dürften für den Elektrotechniker in der jetzigen Form schwer verständlich sein, da er im allgemeinen über die Impulswechsel und Impulssprünge der Quantentheorie zu wenig unterrichtet ist. Die Neueinführung der Krafteinheit 1 Sthen = 10^7 Dyn wirkt nicht ganz überzeugend, da in der Kraftgleichung, Seite 155, das α von vornherein hätte wegbleiben können, wenn sie nicht als Zahlenwertgleichung, sondern als Größengleichung geschrieben wurde. Leider ist das ganze Buch in Zahlenwertgleichungen geschrieben und somit auf bestimmte Einheiten festgelegt. Das Dimensionssystem baut sich auf die vier Grunddimensionen Ladung, Spannung, Länge und Zeit auf. Das ergibt zwar sehr übersichtliche und natürlich einwandfreie Dimensionsgleichungen, hat aber zur Folge, daß Kraft und Masse als abgeleitete Dimensionen erscheinen. So bestechend ansonsten das gewählte Dimensionssystem sein mag, wird es aus diesem Grunde doch von den meisten Elektrotechnikern abgelehnt werden. Vielleicht war es mit Veranlassung, daß der Verfasser immer wieder und mit eindringlichster Wirkung mechanische Analoga zu den elektrischen Erscheinungen einfügt, die das Verständnis außerordentlich fördern. Sehr zu bedauern sind die Abweichungen von den üblichen und vom AEF normierten Bezeichnungen, wie z. B. e für die Ladung, λ und σ für die Leitfähigkeit, $\mathfrak{G}$ für das Drehmoment u. a. m. Die Benennung von $\mathfrak{H}$ als „Erregung" statt „Feldstärke" und $\mathfrak{B}$ als „Feldintensität" ist zwar physikalisch einwandfrei, wird sich aber kaum gegen die althergebrachte Gepflogenheit durchsetzen. Das Wort „Schlipf" statt „Schlupf" wirkt etwas sonderbar. Sehr bedauerlich ist ferner, daß der Verfasser den Drehsinn der Zeitvektoren, die er übrigens „Uhrzeiger" nennt, im Uhrzeigersinn wählt, womit gegenüber der in der ganzen Elektrotechnik heute üblichen Darstellung entgegengesetzte Phasenfolge eintritt.

G. Oberdorfer VDE

[1]) Siehe ETZ 32 (1911) S. 428.

EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher

Servizio Radiotecnico. Bd. 1: Misure e strumenti per il collaudo e la riparazione dei moderni apparecchi radio. 2. Aufl. Mit 268 B., 2 Tab., XII u. 347 S. im Format 125 × 190 mm. Verlag Ulrico Hoepli, Mailand 1941. Preis kart. 22 Lire.

[Der Verf. gibt in dem vorliegenden Bändchen eine ausführliche Übersicht über die beim Bau und der Überprüfung von modernen Rundfunkempfangsapparaten benötigten Meßinstrumente und meßtechnischen Verfahren. Die leicht lesbaren Ausführungen, die nach Inhalt und Darstellungsform einem ausführlichen technischen Katalog entsprechen, sind durch 263 übersichtliche Bilder und Schaltskizzen vorteilhaft ergänzt. Behandelt werden in der Darstellung neben den verschiedenen Instrumententypen zur Messung von Gleich- und Wechselspannungen und Strömen die Verfahren und Einrichtungen zur Widerstands- und Kapazitätsmessung, die Methode des Röhrenvoltmeters, die Verfahren der Röhrenprüfung und die oszillographischen Verfahren.] *Bmk.*

Die große Rundfunk-Fibel. Von Dr.-Ing. F. Bergtold. 4. erweit. Aufl. Mit 154 B. u. 279 S. im Format A 5. Deutsch-Literar. Institut J. Schneider, Berlin-Tempelhof 1941. Preis geh. 5 RM, geb. 6,50 RM.

[Wem das Verständnis der Rundfunkvorgänge schwer fällt, der nehme Bergtolds Fibel zur Hand. Es ist erstaunlich, mit welchem Fleiß und welcher Sorgfalt er sein Werk aufgebaut und immer wieder den Fortschritten der Technik angepaßt hat, und es ist daher kein Wunder, daß es nun schon in der 4. Auflage vorliegt. Der Leser wird nicht mit inhaltleeren Formeln gefüttert, sondern durch eine gut gewählte, klare und eindringliche Sprache in das Verständnis aller, auch der schwierigsten, Aufgaben eingeführt.] *Mbt.*

Berichtigung

In dem Bericht „Heißwasserspeicher und Belastungskurven" in Heft 25 lfd. Jahrg., S. 582, muß die Quellenangabe wie folgt lauten:

Nach W. Werdenberg, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 302; 10 S., 21 B.

An unsere Leser!

Die Kriegsverhältnisse machen es nötig, die „Elektrotechnische Zeitschrift" (ETZ) von nun an alle 14 Tage in Doppelnummern erscheinen zu lassen. Als erste dieser Doppelnummern werden wir die Hefte 38/39 unter dem Datum des 25. September 1941 herausbringen.

Es versteht sich von selbst, daß diese Erscheinungsweise nur als eine zeitweilige Maßnahme zu betrachten ist und wir sobald wie möglich zur wöchentlichen Ausgabe zurückkehren werden. Wir sehen es nach wie vor als unsere klare Pflicht an, allen Beziehern und Lesern der ETZ ihre Zeitschrift in einer Form und mit einem Inhalt zu liefern, der ihren berechtigten Ansprüchen und dem Ansehen der deutschen Elektrotechnik entspricht. Von den Abonnenten der ETZ wie auch den Mitgliedern des VDE erwarten wir deshalb Verständnis für diese Regelung.

Herausgeber, Verlag und Wissenschaftliche Leitung der ETZ.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Direktor Dipl.-Ing. F. Geyer VDE, Wien-Inzersdorf, Parkgasse Nr. 22
Ing. Georg Müller VDE, Bamberg, Hallstedterstr. 52
Ing. A. Stark VDE, Berlin-Karow, Straße 41, Nr. 20

Abschluß des Heftes: 5. September 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

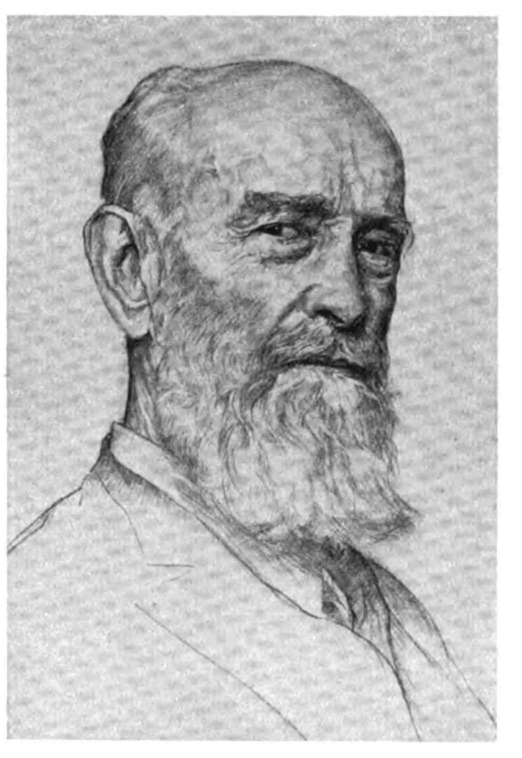
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Springer-Verlag, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 25. September 1941 | Heft 38/39

Robert Bosch 80 Jahre

Im Herbst 1886 verließ der junge Robert Bosch die letzte Arbeitsstätte seiner Lehr- und Wanderjahre, nachdem er bereits ein Jahr früher aus eigener Initiative Amerika und England den Rücken gekehrt hatte, um in seine schwäbische Heimat zurückzugehen. Hier stellte er sich auf eigene Füße und machte eine „feinmechanische Werkstätte auf mit der Absicht, Apparate, möglichst elektrotechnische, zu bauen".



Am 23. September 1941 feiert derselbe Robert Bosch seinen achtzigsten Geburtstag. Immer noch ist Stuttgart der Sitz des Unternehmens, dessen Gründer frei von fremden Bindungen und unabhängig in jedem Sinne sein eigener Herr geblieben ist. Die ganze Welt hat gelernt, mit dem Namen Bosch festumrissene Begriffe zu verbinden. Seine Magnetzünder waren nicht eigene Erfindung, sondern die charakterliche Ehrlichkeit und wahrhaft vorbildliche Sorgfalt, die jedem einzelnen Stück schon damals in der Fertigung zuteil wurden, schufen ihnen ihren besonderen Ruf. Die handwerkliche Kunst des schwäbischen Feinmechanikers und Elektrotechnikers ist in jedes kleinste Werkstück eingegangen; Bosch hat es verstanden, die Präzisionsmechanik in den Maschinenbau einzuführen, und das ist eine seiner großen Leistungen und ein wesentliches Verdienst. Was die Motorisierung den Boschwerken verdankt, ist allgemein bekannt. Elektrowerkzeuge, elektrische Kühlanlagen und bedeutende Teile der Hochfrequenztechnik gehören aber gleichfalls zu ihren Arbeitsgebieten.

Es mag als eine seltsame Gegensätzlichkeit erscheinen, daß neben dieser Versenkung in die technisch kleinste Einzelheit der Wille und die Fähigkeit zu großer kaufmännischer Planung und ihrer kraftvollen Durchführung bestehen und sich entwickeln konnten. In der Verschmelzung beider aber, ihrem harmonischen Zusammenklang offenbart sich gerade die Eigenart dieses schwäbisch weltweiten Unternehmers.

Niemals ist Bosch — was auf anderen Gebieten als eine Tugend betrachtet werden mag — hinter sein Werk zurückgetreten, niemals gewannen anonyme Kräfte kapitalmäßiger oder anderer Art Einfluß darauf. Offen vor aller Augen die Verantwortung zu tragen, die ihm kraft eigenen Willens und fester Überzeugung gebührt, darf sich nur ein Mann gestatten, der sich seiner selbst und seiner unanfechtbar guten Absichten sicher ist. Die Stetigkeit der Grundsätze — das ist eben die Treue zu sich selbst — ist die notwendige Voraussetzung der Treue, die von anderer Seite, von Kunden oder Gefolgschaft erwartet und gewährt wird. Alle wußten und wissen, daß man sich auf ihn verlassen kann. Immer hat er nach dem Grundsatz gehandelt: ‚Lieber Geld verlieren als Vertrauen.'

In diesem seinem Bekenntnis drückt sich die Persönlichkeit des Mannes Bosch vollkommen aus. Der vorübergehende Gewinn materieller Natur hat ihn wahrhaftig zu keiner Stunde seines Lebens gelockt oder gar verlockt. Wie wäre es sonst zu verstehen, daß Bosch schon 1906 — das Werk rang damals noch schwer um seine Weltgeltung — als erster den Achtstundentag einführte, zu einer Zeit, in der große Teile der Wirtschaft für diese einmalige Maßnahme kein Verständnis fanden. Nicht Rücksichten gefühlsseliger Art, sondern das wohlverstandene Interesse des Werkes, an dem auch der Arbeiter und Angestellte teilhat, war die Triebfeder dieses Handelns. Das im eigentlichen Sinne soziale Verantwortungsbewußtsein hat auch in vielen anderen Einrichtungen Ausdruck gefunden. Über den Rahmen des Hauses hinaus greifen die zahlreichen Stiftungen für öffentliche Forschungsanstalten. Als die Krönung seiner sozialen Tätigkeit muß das Robert-Bosch-Krankenhaus in Stuttgart gelten: In Idee und Verwirklichung eigenstes Kind des Jubilars — und doch ganz und gar dem Nutzen der Allgemeinheit gewidmet.

Daß sich diese einmalige, überlegene Persönlichkeit als Führer eines solchen Betriebes auch auf den Geist der Gefolgschaft auswirkt, ist eine Selbstverständlichkeit. Ein seltener Berufsstolz stempelt sie zu einer bewunderungswürdigen Einheit. Als ein Vorbild besten deutschen Unternehmertums steht sein Werk da, das seinen Namen über die ganze Erde getragen hat in einem friedlichen Wettstreit, der ihm, und in ihm auch dem deutschen Elektrotechniker, die Achtung der Welt sicherte.

Die Motorisierung der Handwerkzeuge

Von Th. F. Wisslicen, Stuttgart

DK 621.34 : 621.9

Übersicht. Anläßlich des 80. Geburtstages von Robert Bosch wird der Beitrag behandelt, den die Robert Bosch GmbH. während der letzten zehn Jahre zur Entwicklung und Herstellung von elektrisch angetriebenen Handwerkzeugen geleistet hat.

Von Robert Bosch wurde einmal gesagt, er habe oft wieder da angefangen, wo andere aufgehört haben. In der Tat bestehen mit seine wertvollsten Leistungen darin, daß er anfänglich aussichtslos scheinende Aufgaben, die entweder nicht beachtet oder ihrer Schwierigkeiten wegen liegen geblieben waren, in gründlicher und zäher Arbeit ihrer Lösung zuführte. Die Richtigkeit dieses Satzes läßt sich ohne Schwierigkeiten an vielen einzelnen Beispielen aus dem Schaffen des Hauses Bosch nachweisen. Auch das im Hause Bosch noch verhältnismäßig junge Arbeitsgebiet „Elektrowerkzeuge" darf als Beispiel dieser Art gelten und soll deshalb im folgenden eingehender behandelt werden.

Die Krisenjahre 1930 bis 1933 waren auch an den Bosch-Werken nicht spurlos vorübergegangen. Die Belegschaft, obwohl sie zum großen Teil verkürzt arbeitete und niemand ohne Notwendigkeit entlassen wurde, war erheblich zurückgegangen. Man war aber bei Bosch nicht gesonnen, dieser Entwicklung gegenüber untätig zu bleiben. Deshalb wurden sehr beträchtliche Mittel aufgewandt, um notfalls auf anderen Erzeugnisgebieten als denen des Auto- und Flugzeugzubehörs Ersatz für den dort entstandenen Ausfall zu finden.

Allstromgeräte

So entstand im Jahre 1931 aus der bereits vier Jahre früher von Bosch entwickelten und durch die zum Bosch-Konzern gehörige Eisemann GmbH. auf den Markt gebrachten „Forfex-Haarschneidemaschine" der erste Bosch-Handschleifer mit rd. 50 000 U/min an der Arbeitsspindel und der erste Bosch-Schrauber zum Festziehen und Lösen von Schrauben und Muttern bis 5 mm Dmr. Diese Geräte waren von der eigenen Werkzeugmacherei und den eigenen Montagewerkstätten verlangt worden. Ihre Grundlage bildete ein neuer schnellaufender Allstrommotor mit etwa 25 000 U/min im Leerlauf und rd. 30 bis 50 W Nennabgabe. Grundlegend neu an diesem Motor war, abgesehen von der hohen Drehzahl und den dadurch erreichten sehr geringen Abmessungen, der konstruktive Aufbau. Die betriebsmäßig spannungführenden Teile waren ebenso wie das kommutatorseitige Kugellager und das Blechpaket so in eine Kunstharzmasse (Resitex) eingebettet oder von dieser umschlossen, daß auch bei Masseschluß der Ständer- oder Läuferwicklung die außenliegenden metallischen Gehäuseteile nicht spannungführend werden konnten. Da diese Gehäuseteile (nicht aber die inneren Metallteile des Motors) trotzdem geerdet wurden, war damit eine doppelte Sicherung des mit dem Gerät Arbeitenden gegen elektrische Schläge erreicht.

Das war ein bedeutender Fortschritt gegenüber den damals auf dem Markt befindlichen Erzeugnissen ähnlicher Art, die übrigens für Leistungsabgaben von weniger als 70 W zu jener Zeit so gut wie nicht gebaut wurden. Man verwendete vielmehr für diesen Bereich aus Gründen der Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit fast ausschließlich Geräte mit Biegewelle oder aber Preßluftwerkzeuge.

Der neu geschaffene Motor wurde trotz anfänglicher Rückschläge rasch weiter entwickelt und vervollkommnet. Insbesondere wurde das Brechen der Wickeldrähte zwischen Kommutatorfahne und Blechpaket durch eine neue Anordnung wirksam unterbunden. Die Drähte der Ankerwicklung wurden ferner durch ein neues Preßbakelisierverfahren so isoliert und in ihrer Lage festgehalten, daß sie den hohen Drehzahlen standhielten und durch die am Umfang liegende harte Bakelitschicht auch gegen das Eindringen von Schmutz, Schleifstaub und Spänen wirksam geschützt sind. Dadurch wurde es möglich, den neuen Allstrommotor auch zum Antrieb von Handschleifern zu verwenden.

Nacheinander entstanden weitere Geräte, die heute als Handmotoren (mit Schutzhülse über dem Bohrfutter oder Zangenspannung zum Bohren, Fräsen, Feilen, Bürsten und für ähnliche Arbeiten), als Handschleifer mit Präzisionsspindel für 50 000 U/min, als Handschleifer mit 20 000 U/min, als Schrauber für 2 bis 6 mm Gewindedurchmesser, als Blechscheren bis 1,5 mm Blechstärke, als Ventileinschleifer, Polierer usw. bekannt geworden sind (Bild 1).

Parallel dazu wurde später eine entsprechende mit doppelt so starkem Antriebsmotor (100 W) ausgestattete Serie von Allstromwerkzeugen entwickelt. Diese 100 W-Reihe wurde jedoch nicht wie die beschriebene 50 W-Reihe mit doppeltem Schutz gegen elektrische Schläge durch weitgehende Verwendung von Kunstharzwerkstoffen versehen. Es erwies sich, daß diese Bauweise bei mehr als 1,5 kg Gewicht aus Gründen der Bruchgefahr nicht zweckmäßig ist. Die Motoren wurden deshalb einfach isoliert und mit Stahlgehäusen versehen, die geerdet werden (Bild 2).

Aus Gründen der Gewichtserleichterung und der Rohstoffeinsparung wurde übrigens schon sehr früh Elektron als Baustoff zur Herstellung von Bosch-Elektrowerkzeugen verwendet.

Heute sind die im Laufe der zurückliegenden 10 Jahre gelieferten rd. 80 000 Allstrom-Werkzeuge aus den In-

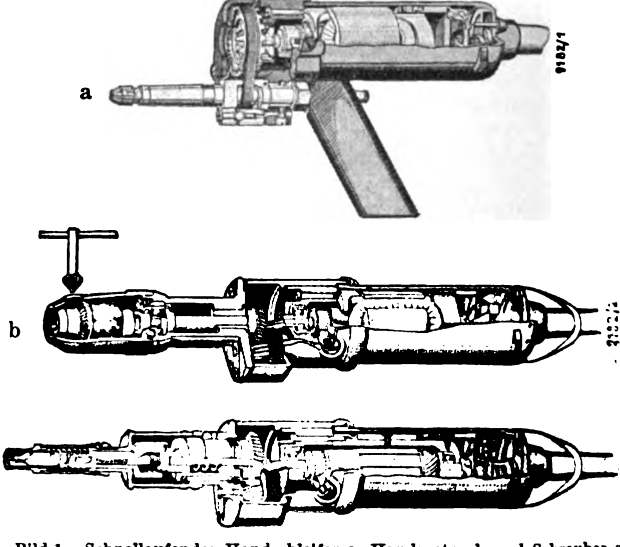


Bild 1. Schnellaufender Handschleifer a, Handmotor b und Schrauber c der 50 W-Allstromreihe.

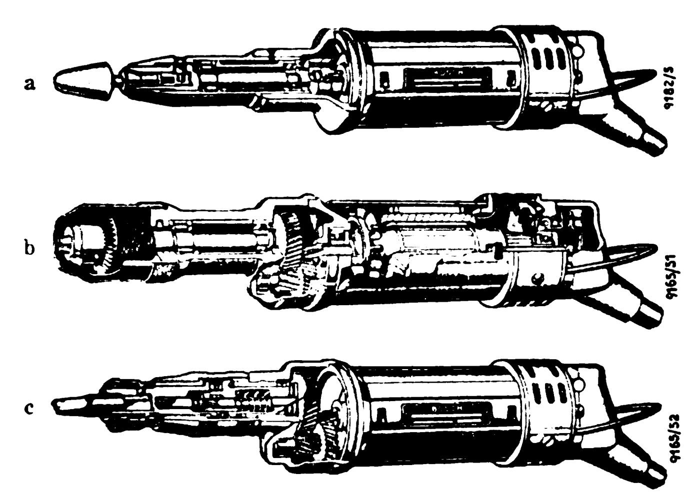


Bild 2. Schnellaufender Handschleifer a, Handmotor b und Schrauber c der 100 W-Allstromreihe.

dustriebetrieben mit Kleinteile-Serienanfertigung, aber auch aus vielen anderen Werkstätten und Handwerksbetrieben nicht mehr wegzudenken. Nach dem alten Grundsatz, daß das Bessere des Guten Feind sei, mußte die Biegewelle dem neuzeitlicheren Elektrowerkzeug in vielen Fällen weichen. Der neue kleine und doch starke und zuverlässige Allstrommotor hat seine Bewährungsprobe bestanden und erobert sich in immer noch steigendem Maße seinen Platz in der Werkstatt.

Elektrische Hämmer

Schon Ende 1931 greift jedoch die Entwicklung bei Bosch über den kleinen Allstrommotor hinaus. Die schwedische Firma Hammar A. B. hatte in jahrelanger schwieriger Arbeit an der Entwicklung des sogenannten „Weinaf-Hammers" gearbeitet. Ende 1931 übernahm Bosch die Herstellungslizenz auf dieses Gerät, dessen Entwicklung jedoch noch keineswegs abgeschlossen war, wie sich rasch herausstellte. Weitere 3½ Jahre zäher, äußerst kostspieliger Entwicklungsarbeit waren notwendig, bis im Herbst 1934 endlich mit der serienmäßigen Fertigung des Bosch-Hammers begonnen werden konnte.

Der Bosch-Hammer

Dieser Hammer ist ein in elektrischer und mechanischer Hinsicht recht interessantes Gerät (Bild 3). Er besteht aus dem elektrischen Antriebsteil und dem mechanischen Teil, in welchem auf überaus einfache und geradezu elegante Weise die Rotationsenergie des Motors in die axial gerichtete Schlagenergie umgewandelt wird, und zwar durch Ausnutzen der Fliehkraft der in vier Taschen am Umfang des Schlägers angeordneten Treibkugeln. Diese Treibkugeln laufen zugleich in zur Getriebeachse windschief angeordneten, nach außen von der Achse weg vertieften Nuten der Ankerhülse und bewegen entsprechend der in Bild 3 gegebenen Skizze den Schläger nach vorn in Richtung auf den Schlagstock, der das Einsatzwerkzeug trägt. Beim Auftreffen des mit 10 000 U/min rotierenden Schlägers auf den Schlagstock entsteht ein wuchtiger Drallschlag, d. h. ein Schlag, der den Schlagstock in axialer und tangentialer Richtung zugleich trifft, diesen also, falls er, wie beim Bohren, in der Drehrichtung nicht arretiert ist, zugleich in der Drehrichtung vorwärts stößt. Beim Meißeln wird diese Drehbewegung durch einen Vierkant am Werkzeugschaft, der in einen entsprechenden Vierkant des Gehäuseflansches paßt, aufgehoben. Zurückgeführt wird der Schläger durch den Drehgeschwindigkeitsverlust und den elastischen Rückstoß. Die Rückwärtsbewegung kommt zum Stillstand, sobald die dauernd wirksame Axialkomponente der auf die Treibkugeln wirkenden Zentrifugalkraft die Rückstoßenergie aufgezehrt hat.

Der Hammer schlägt nur, wenn er gegen das Werkstück angedrückt wird. Sobald er abgesetzt wird, hört er sofort selbsttätig auf zu schlagen, weil Schläger und Schlagstock außer Eingriff kommen. In den Tragkasten des Hammers ist ein dreistufiger Anlaßwiderstand eingebaut. Er verhindert, daß beim Anschließen an Lichtleitungssteckdosen die Sicherung durchbrennt, und anderseits gestattet er auf einfache Weise eine gewisse Regelung der Hammerschlagstärke. Die Einzelschlagenergie des Hammers erreicht bis zu 1 mkg bei 1000 bis 3000 Schlägen je Minute, der Schlag wird um so härter und die Schlagzahl um so kleiner, je härter und unelastischer der zu bearbeitende Stoff ist und umgekehrt.

So interessant der mechanische Teil des Bosch-Hammers sein mag, so waren die größeren Schwierigkeiten bei der Entwicklung des elektrischen Antriebsmotors zu überwinden. Dieser ist ein Allstrommotor, der im Leerlauf etwa 12 000, bei Vollast rd. 9000 bis 10 000 U/min macht und dessen Nennabgabe etwa 400 W beträgt.

Die beim Betrieb des Hammers auftretenden Erschütterungen, die sich zusammensetzen aus Längs- und Querschwingungen mit sehr steiler Stirn, spürt der den Hammer Bedienende kaum. Um so stärker wirken sie sich auf die Konstruktionsteile des Hammers selbst aus und stellen besonders an die Wicklung des Läufers außerordentlich hohe Anforderungen. Ein handelsüblicher Universalmotor würde in diesem Gerät schon nach einigen Stunden zerstört sein.

Erst in jahrelanger Forschungsarbeit ist es gelungen, eine brauchbare Kommutatorbauart und durch die Anordnung der Wicklung in Verbindung mit einem neuen Verfahren zum Hartbakelisieren der Wickelköpfe des Ständers und Läufers eine Bauart zu finden, durch die die verlangte Mindestlebensdauer von mehr als 1000 h erreicht wird.

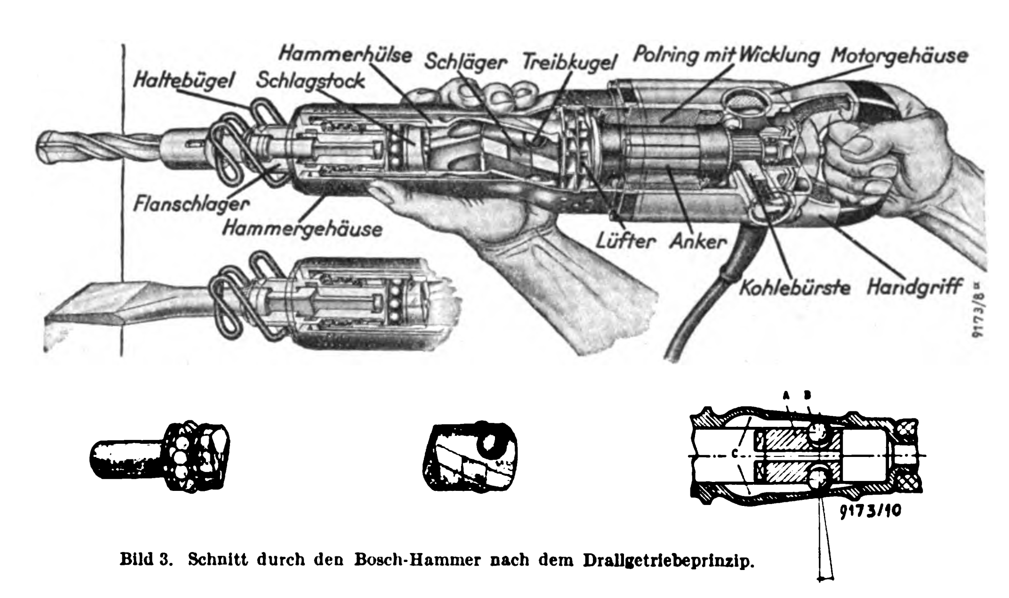


Bild 3. Schnitt durch den Bosch-Hammer nach dem Drallgetriebeprinzip.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Entwicklung und Herstellung des Hammers bestand darin, daß durch die betriebsmäßig auftretenden Erschütterungen alle Schraubverbindungen aufs höchste beansprucht wurden. Diese mußten daher, soweit irgend möglich, vermieden werden. Tatsächlich gelang es, mit nur je vier Bolzen am vorderen und hinteren Ende des Gerätes auszukommen, die durch Elastic-Stop-Muttern den Werkzeugflansch mit dem Schlagwerksgehäuse bzw. das Schlagwerksgehäuse mit dem Motorgehäuse und Handgriff betriebssicher verbinden.

Der Bosch-Hammer ist der einzige rein elektrisch betriebene Hammer, der beim Bohren zugleich drehend und schlagend und beim Meißeln nur schlagend, also als Bohr- und Meißelhammer, verwendet werden kann.

Mit dem Hammer kann man beim Bohren von Dübellöchern beispielsweise das 5 bis 30fache, bei Meißelarbeiten das 2 bis 6fache der reinen Handarbeit leisten.

Der Tiefbohrhammer

Einen weiteren, sehr beachtlichen Schritt in Richtung des elektrischen Antriebs von Hämmern bedeutet die Entwicklung eines neuen Tiefbohrhammers für Steinbruch- und Sprenglocharbeiten (Bild 4). Im Gegensatz zu dem vorerwähnten Hammer nach dem Drallschlagprinzip handelt es sich bei dem neuen Gerät um einen ausgesprochenen Federhammer, der zum Bohren von Sprenglöchern mit 30 bis 50 mm Dmr. bis zu 6 bis 8 m Tiefe in hartem, mittelhartem und weicherem Gestein verwendet werden kann. Der quer zur Hammerachse angeordnete Allstrom-Antriebsmotor mit rd. 400 W Nennabgabe treibt über ein Kurbelgetriebe und eine Feder den Schläger an. Der als Werkzeugträger ausgebildete Schlagstock wird durch einen Klinkenantrieb beim Rückwärtsgehen des Schlägers um einen bestimmten Winkel gleichzeitig in der Drehrichtung angetrieben, bewirkt also die zwangsläufige Drehung des Bohrers.

Der Tiefbohrhammer wird für mittelhartes und hartes Gestein ausgeführt. Die Schlagzahl beträgt 800 je Minute bei einer Einzelschlagenergie von 2,5 mkg. Das Gewicht des ganz in Stahl ausgeführten Gerätes beträgt nur 35 kg. Die an der Bohrerschneide austretende Ausblasluft wird in einem besonderen für diesen Zweck entwickelten Hochleistungsgebläse erzeugt und durch den Werkzeugflansch sowie die hohle Bohrstange und die am Ende der Bohrstange eingesetzte Widiabohrkrone zur Bohrerschneide geleitet. Die gleichmäßige Schlagenergie des Tiefbohrhammers gewährleistet eine hohe Lebensdauer der auf sie abgestimmten, ebenfalls von Bosch in langer Entwicklungsarbeit geschaffenen Widiabohrkronen. Da diese nur noch in bestimmten Zeitabständen nachzuschleifen sind, kommt das beim Bohren mit Stahlbohrern in Hartgestein außerordentlich zeitraubende neue Anschmieden und Schärfen der Bohrer in Wegfall.

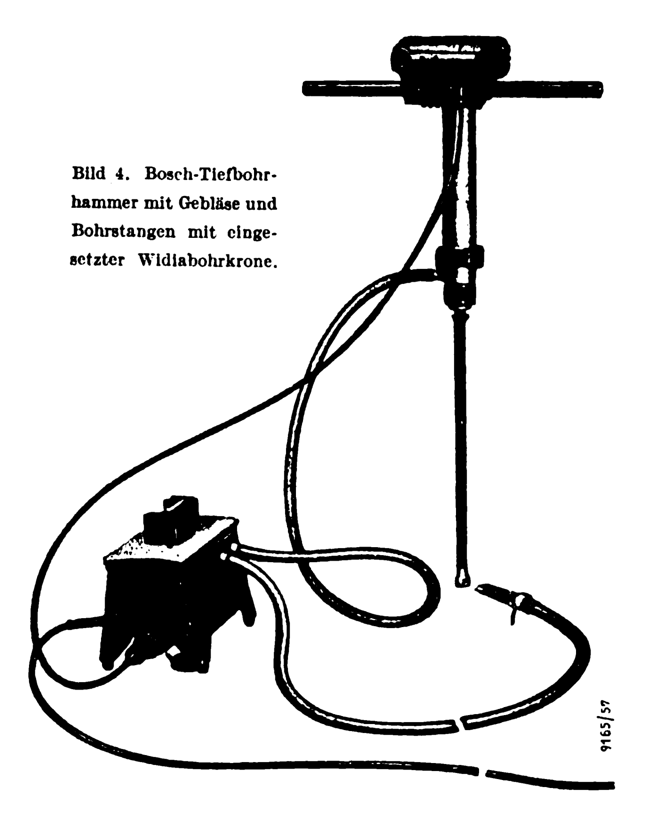


Bild 4. Bosch-Tiefbohrhammer mit Gebläse und Bohrstangen mit eingesetzter Widiabohrkrone.

Die Bemühungen der einschlägigen Industrie, einen entsprechenden elektrischen Hammer zu schaffen, gehen bis in die 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts zurück. Der Bosch-Hammer und der Tiefbohrhammer können als recht brauchbare Lösungen innerhalb ihres Anwendungsbereiches angesprochen werden.

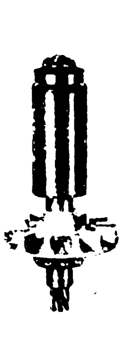
Hochfrequenzwerkzeuge

Als der Bosch-Hammer im Frühjahr 1932 zum Zwecke der Marktuntersuchung auf der Leipziger Messe zum erstenmal vorgeführt wurde, stellte es sich heraus, daß die Allstrommotoren durch Unterbrechung und Körperschluß schadhaft wurden. Ernst Heubach schlug vor, den Hammer durch einen Drehstrom-Käfigankermotor mit 150 oder 200 Hz anzutreiben, da hierdurch Kommutator und Kohlebürsten entfallen und der Anker sehr einfach im Aufbau würde.

Dieser Gedanke wurde von Bosch sofort aufgegriffen, zwar nicht für den Hammer — der mußte zum Betrieb an der Lichtleitung, also an Gleich- und Wechselstrom gebaut sein und somit nach wie vor einen Allstrommotor haben, wenn er umsatzmäßig ein Erfolg werden sollte —, aber als Antrieb für Elektrowerkzeuge allgemein.

Heubach hatte sich im Jahre 1924 diesen Antrieb durch ein Deutsches Reichspatent schützen lassen. Dieses Patent erwarb Bosch im Oktober 1932 und war entschlossen, es in erheblich stärkerem Maße auszuwerten, als dies Heubach in den ersten acht Jahren gelungen war. Wieder einmal baute man bei Bosch da weiter, wo ein anderer stehengeblieben war.

Man hatte bei Bosch die große Bedeutung des Drehstrom-Käfigankermotors, betrieben an erhöhter Frequenz (150, 200 oder 300 Hz) sofort erkannt, und zwar sah man seine besondere Bedeutung auch gegenüber den bekannten Drehstrommotoren zum Betrieb an 50 Hz in den folgen Möglichkeiten:



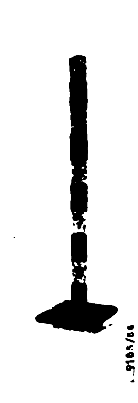


Bild 5. Vergleich von Größe und Aufbau eines Bosch-Hochfrequenzläufers für 300 Hz mit einem Allstromläufer gleicher Leistung und Drehzahl.

1. Steigerung der Motorleistung auf das 3- bis 6fache je Gewichtseinheit, d. h. beträchtliche Erhöhung der strom oder Preßluftmotoren bekannten Leistung je Gewichtseinheit.
2. Fortfall der labilen, wartungsbedürftigen Teile des Allstrom- oder Gleichstrommotors, des Kommutators und der Kohlebürsten sowie des gewickelten Läufers (Bild 5).
3. Gleichbleibende, vom Drehmoment fast unabhängige Drehzahl.
4. Durch stärkere Bemessung der Motoren, kräftigere Bemessung der Gehäuse und des mechanischen Teils der Werkzeuge, insbesondere der Getriebe, wenn nötig Verwendung von Stahlgehäusen, mußte es möglich sein, noch leichtere und handlichere Elektrowerkzeuge zu schaffen als bisher, die, dank ihres einfacheren Aufbaus, sich auch im rauhen Betrieb bewähren konnten. Damit war die Möglichkeit gegeben, diesen gleichzeitig wirtschaftlichen Elektrowerkzeugen auch in den Betrieben Eingang zu verschaffen, die bisher Allstrom und Drehstrom wegen mangelnder Betriebssicherheit und zu hoher Wartungskosten und das normale Drehstromwerkzeug wegen seines zu hohen Gewichts abgelehnt hatten.

Da nun einmal die Kunst im Weglassen besteht und ein Handwerkzeug für den Betrieb, insbesondere für den rauhen und hochbeanspruchten Betrieb, gar nicht einfach und kräftig genug gebaut sein kann, mußte es also möglich sein, nach dem Heubach-Prinzip die zum Bohren, Reiben, Rohrwalzen, Gewindeschneiden, Schrauben, Schleifen, Bürsten, Polieren, Feilen, Schaben usw. in der Werkstatt benötigten Geräte, soweit sie freihändig verwendet werden sollten, so zu motorisieren, daß ein erheblicher Fortschritt zu erreichen war. Dieser Aufgabe unterzog sich Bosch nach gründlicher Marktuntersuchung, verbunden mit einem ebenso gründlichen Studium der Betriebsbedingungen für derartige Werkzeuge in den verschiedenen in Betracht kommenden Industriezweigen vom Jahre 1933 an. In den folgenden acht Jahren wurde eine geschlossene Reihe der Bosch-Hochfrequenz-Werkzeuge, bestehend aus rd. 70 Grundtypen, die in etwa 170 Ausführungen geliefert werden, entwickelt und in die laufende Fertigung eingeführt.

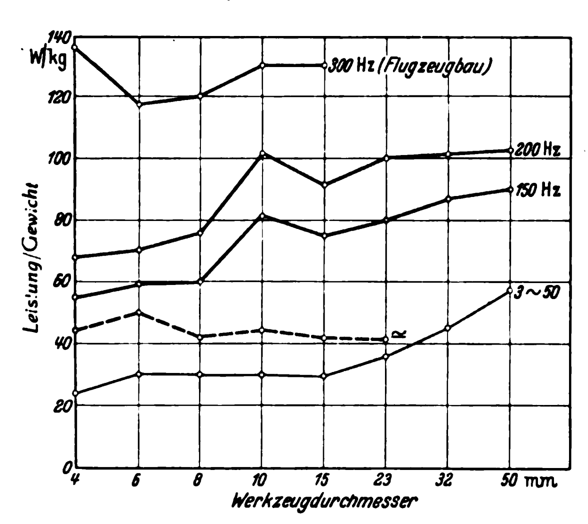


Bild 6. Leistung/Gewicht von Hochfrequenz-Handbohrmaschinen im Vergleich zu Allstrom- und Drehstrom-Handbohrmaschinen.

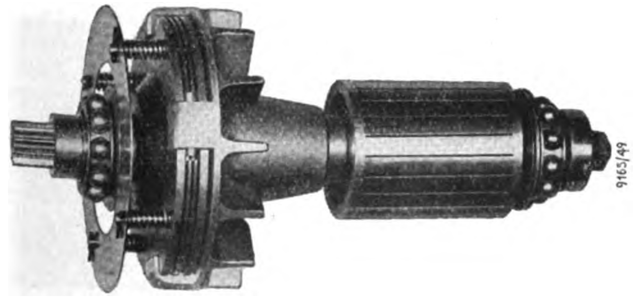


Bild 7. Läufer mit Sicherheitskupplung einer Hochfrequenz-Bohrmaschine.

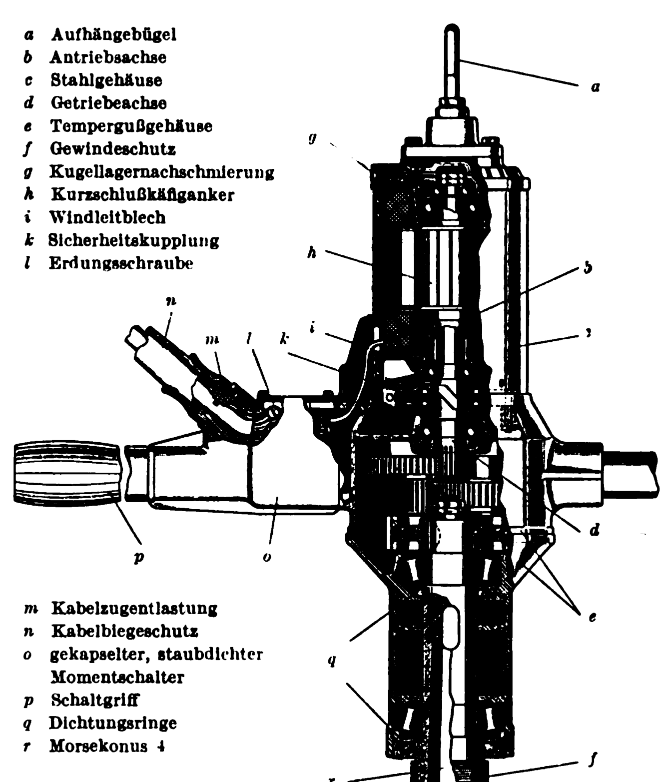


Bild 8. Schnitt durch eine Hochfrequenz-Handbohrmaschine, zugleich verwendbar als Gewindeschneider und Rohrwalzer mit eingebauter Sicherheitskupplung.

Bohrmaschinen und Aufreibemaschinen wurden geschaffen für 4 bis 70 mm Dmr. mit 12 000 bis 20 U/min, Leistungsabgaben von 80 bis 3500 W und Gewichten von 1 bis 40 kg. Die Leistung je kg für die verschiedenen Frequenzen sind in Bild 6 wiedergegeben. Baumuster mit Nennabgaben von 1000 W und mehr sind mit Ganzstahlghäuse versehen und verdanken ihre besondere Betriebssicherheit der neu entwickelten Sicherheitskupplung, die. bei einem bestimmten Motordrehmoment das Motorritzel vom Läuferpaket trennt. Der Motor läuft weiter, die Arbeitsspindel bleibt stehen, ohne daß an den Haltearmen der Maschinen beim Festsitzen des Einsatzwerkzeuges der sonst so gefürchtete hohe Reaktionsstoß auftreten kann (Bild 7 und 8).

Auch bei den Handschleifern für Schleifscheiben von 5 bis 200 mm Dmr. und Leistungen von 80 bis 1400 W bei Arbeitsspindeldrehzahlen von 50 000 bis 1700 U/min konnte durch den Hochfrequenzmotor die Leistung je Gewichtseinheit erheblich gesteigert werden (Bild 9).

Schrauber, Stehbolzenschrauber, Gewindeschneider für M 4 bis M 20 und mehr und Drehmomente von 1 bis rd. 20 mkg haben Drehzahlen von 1200 bis 300 und Nennleistungen von 100 bis 1400 W bei Gewichten von 2 bis 17 kg (Bild 10).

Die von Bosch ebenfalls neu geschaffene, selbsttätig wirkende, innerhalb gewisser Grenzen für ein vorausbestimmbares Drehmoment fest einstellbare Drehschlagrollenkupplung (Bild 11) ermöglicht es, Schrauben oder Muttern mit dem verlangten Drehmoment innerhalb geringer Toleranzen einwandfrei festzuziehen oder zu

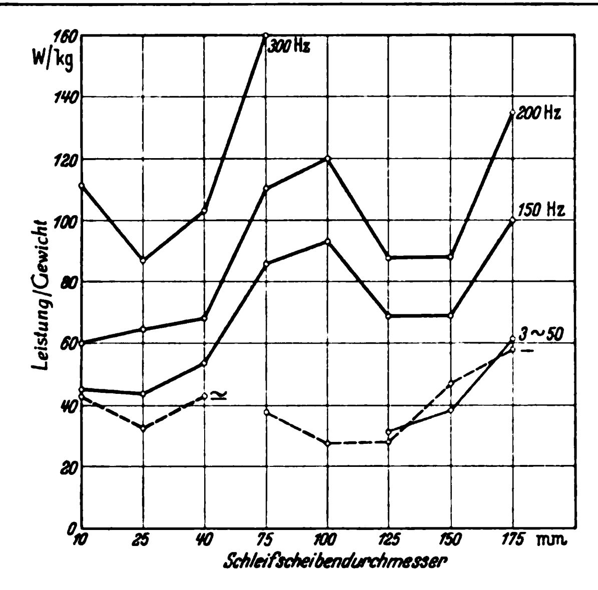


Bild 9. Leistung/Gewicht von Hochfrequenz-Handschleifern im Vergleich zu Allstrom- und Drehstrom-Handschleifern.

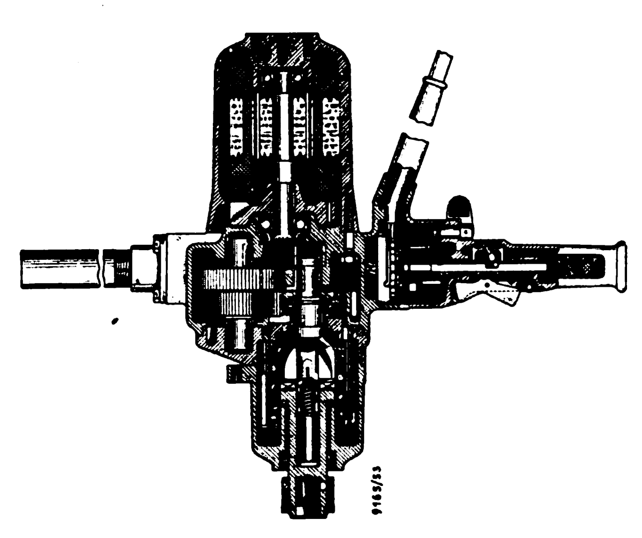


Bild 10. Schnitt durch einen Bosch-Hochfrequenz-Schrauber mit Drehschlagrollenkupplung. Erreichbares Anzugsmoment 20 mkg.

lösen. Das dabei an den Haltearmen der Maschine auftretende Reaktionsmoment beträgt nur einen Bruchteil des am Schraubenkopf erzielten Drehmoments. Die erforderliche Einschraubzeit beträgt 2 bis 3 s gegenüber 10 bis 30 s beim Arbeiten mit dem Handschlüssel. Die Großgewindeschneider und Rohrwalzer arbeiten im Interesse der Sicherheit von Einsatzwerkzeug, Maschine und Mann ausschließlich mit Bosch-Sicherheitskupplung.

Zahlreiche Sondermaschinen vervollständigen diese vielgestaltige Reihe. Insgesamt haben seit 1934 über 50 000 Bosch-Hochfrequenzwerkzeuge ihren Weg in die Industrie gefunden, und sie sind überall da, wo ein Optimum von Ausbringen und Wirtschaftlichkeit zugleich verlangt wird, geradezu unentbehrlich, um so mehr, als sie in vielen Fällen schon nach kurzer Anlernzeit gestatten, den Facharbeiter durch den angelernten Arbeiter oder durch weibliche Arbeitskräfte ohne Beeinträchtigung der Zuverlässigkeit und Güte des Arbeitsganges zu ersetzen.

Die Hochfrequenz-Farbspritze

Das jüngste, gerade deshalb aber vielleicht interessanteste Glied in der Kette der Neuschöpfungen von Bosch auf dem Elektrowerkzeuggebiet soll zum Schluß noch erwähnt werden: Die Bosch-Hochfrequenz-Farbspritze (Bild 12). Sie bildet gewissermaßen die Synthese zwischen dem Hochfrequenz-Antrieb und der von Bosch seit Jahren gebauten Einspritzpumpe für Schwerölmotoren. Ein kleiner Hochfrequenz-Motor (125 W an 300 Hz) setzt über ein entsprechendes Getriebe und den Pumpenkolben und Öl als Druckübertragungsmittel eine Membran in 4500 Schwingungen/min. Vom Drucköl durch die Membran getrennt wird Farbe angesaugt und durch eine feine Düse mit 100 bis 200 at Druck ausgespritzt. Der gut begrenzte Spritzstrahl ist völlig frei von Verunreinigungen durch Kondenswasser und Öl. Die feine Zerstäubung gewährleistet eine zuverlässig dichte, gleichmäßige Verteilung der aufgetragenen Farben und Lacke, die sehr oft wesentlich weniger verdünnt zu werden brauchen. Dies bedeutet eine nicht zu unterschätzende Einsparung von Lösungsmitteln. Die erhebliche Verminderung des sonst beim Spritzen auftretenden Farbnebels läßt außerdem in vielen Fällen eine wesentliche und gerade heute besonders wichtige Ersparnis an Farben und

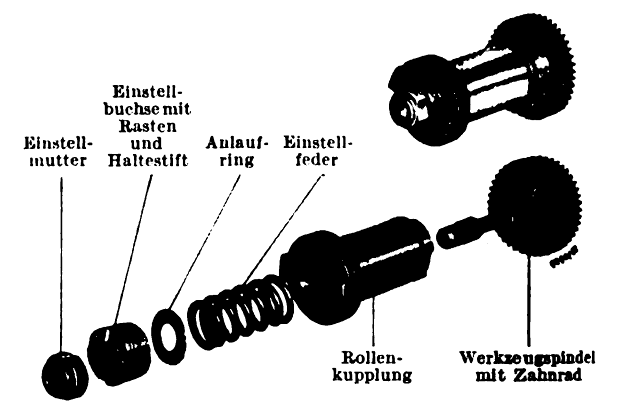


Bild 11. Die Bosch-Drehschlagrollenkupplung bei Schraubern.

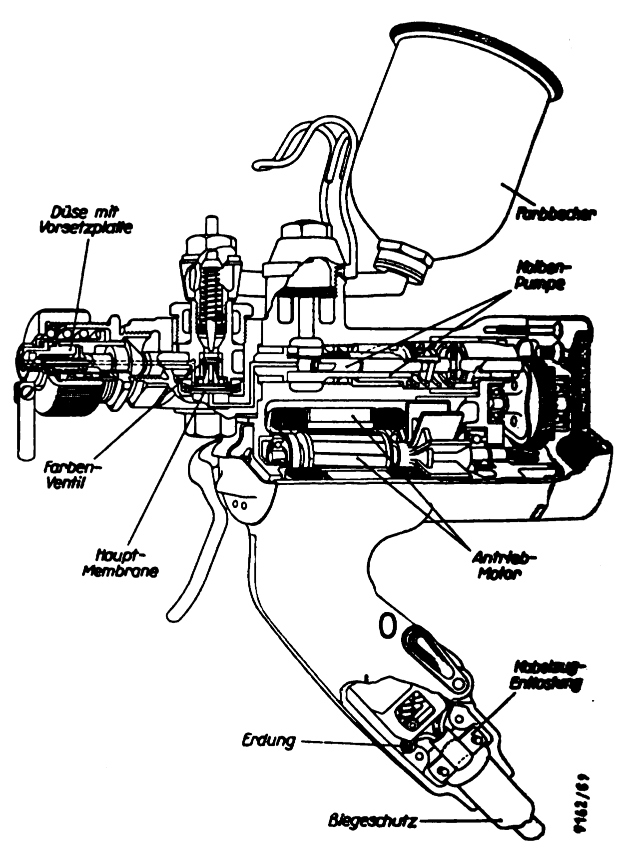


Bild 12. Schnittbild der Bosch-Hochfrequenz-Farbspritze

Lacken erwarten. Die Bosch-Farbspritze soll nunmehr nach gründlicher Erprobung auf breiter Grundlage für diejenigen Anwendungsgebiete geliefert werden, für die sie einen wesentlichen Fortschritt gegenüber den bisher verwandten Verfahren bedeutet.

Wer mit den einschlägigen Verhältnissen vertraut ist, weiß, wie groß die Anstrengungen sind, die die beteiligten Industriekreise seit Jahrzehnten gemacht haben, um die hygienischen Verhältnisse gerade in den Spritzräumen zu verbessern. Die Entwicklung der Bosch-Hochfrequenz-Farbspritze geht davon aus, daß diejenigen Lösungsmitteldämpfe und Farbnebel, die von vornherein nicht in den Raum gelangen, aus diesem auch nicht entfernt zu werden brauchen. Es muß demnach gelingen, im Zusammenwirken mit einer fortschrittlichen Entlüftungstechnik durch die Bosch-Spritze dem Ziel der Schaffung einer hygienischen Atmosphäre im Spritzraum wesentlich näher zu kommen.

Zusammenfassung

Wenn man diesen kurzen Überblick über die von Bosch auf dem Elektrowerkzeuggebiet in 10 Jahren geleistete Arbeit abschließend würdigt, wird man zugeben müssen, daß nicht der Weg des geringsten, sondern der des größten Widerstandes gegangen wurde. Entsprechend der Tradition des Hauses Bosch wurden gerade die schwierigsten Aufgaben auf dem Elektrowerkzeuggebiet angefaßt und in erstaunlich kurzer Zeit in den meisten Fällen einer brauchbaren Lösung zugeführt. Es ist zum guten Teil auch ein Verdienst des Hauses Bosch, wenn deutsche Elektrowerkzeuge heute in Europa und weit darüber hinaus an erster Stelle stehen.

Berechnen von Ladegleichrichtern mit selbsttätiger Ladestromregelung

Von Kurt Thiel VDE, Wien

DK 621.314.63 : 621.316.721

*Übersicht**). Nach einer Zusammenfassung der allgemeinen Theorie des Ladegleichrichters mit Anodeninduktivitäten und einer daraus abgeleiteten graphischen Darstellung zum Lösen besonderer Aufgaben werden die ermittelten Kennlinien in analytischer Form näherungsweise festgelegt. Auf diese Weise ist es möglich, die bestehenden Zusammenhänge klarer zu erkennen und alle auftretenden Fragen rechnerisch zu behandeln. Das Berechnungsverfahren wird auf numerische Beispiele angewendet.

1. Allgemeine Grundlagen

Gleichrichter, die nur zum Laden von Batterien bestimmter Zellenzahl benutzt werden, wie dies z. B. bei stationären oder Elektrokarrenbatterien der Fall ist, rüstet man zweckmäßig mit strombegrenzenden Induktivitäten aus. Bei richtiger Bemessung läßt sich damit praktisch verlustlos eine stetige und selbsttätige Gleichstromregelung während des gesamten Ladevorganges erzielen, die sich dem jeweiligen Ladezustand der Batterie weitgehend anpaßt. Je nach der Stelle, an der diese Induktivitäten in den Stromkreis eingebaut werden, lassen sich drei Fälle unterscheiden, die grundsätzlich verschiedene Formen der Spannungskennlinie aufweisen; diese besitzen

a. als Anodendrosseln bezeichnete Drosseln in den Anodenleitungen,
b. als Primärdrosseln bezeichnete Drosseln in den Netzleitungen,
c. vergrößerte Transformatorreaktanzen im Streutransformator.

In den beiden ersten Fällen ist noch zwischen gekoppelten und ungekoppelten Anoden- bzw. Primärdrosseln zu unterscheiden.

Für den Ein- und Zweiphasengleichrichter sind alle drei Fälle streng theoretisch behandelt worden[1]). Die Theorie des Gleichrichters mit ungekoppelten Anodendrosseln und Gegenspannungsbelastung, die in dieser Arbeit den Erfordernissen der Praxis entsprechend ausgebaut wird, läßt sich ohne weiteres auch auf Mehrphasengleichrichter übertragen. Die allgemeine Lösung des Problems beliebig verteilter Reaktanzen liegt für den Mehrphasengleichrichter mit konstanter Spannung noch nicht vor[2]).

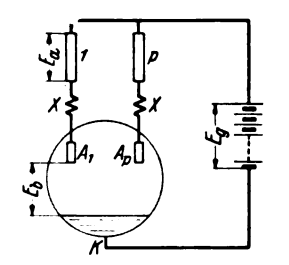
*) Berichtigung zu diesem Aufsatz auf S. 816 dieses Heftes.

1) Vgl. A. Glaser u. K. Müller-Lübeck, Bd. I. S. 50 u. 114. Julius Springer, Berlin 1935.

2) Den besonderen Fall gekoppelter Anodendrosseln bei Annahme gleicher Kopplung für alle Phasen hat M. Demontvignier behandelt. Rev. gén. Électr. 15 (1924) S. 493.

2. Spannungskennlinie und Effektivwert des Anodenstromes für den Ladegleichrichter mit ungekoppelten Anodendrosseln

Die grundsätzliche Schaltung der untersuchten Anordnung zeigt Bild 1.



p Phasenzahl
E_a Effektivwert der Anodenspannung
E_b Spannungsabfall des Lichtbogens
E_g Gegenspannung der Batterie
$X = \omega L$ Induktivität je Anodenstrang

Bild 1. Gleichrichterschaltung mit Anodendrosseln und reiner Gegenspannung.

Für die Untersuchung ist es zulässig, folgende einschränkende Annahmen zu treffen:

Die ohmschen Widerstände sämtlicher Schaltungselemente sind vernachlässigbar.
Die Streuung des Transformators kann vorläufig unberücksichtigt bleiben oder als in den Induktivitäten X konzentriert angenommen werden.
Der Lichtbogenabfall des Gefäßes wird für alle Belastungszustände als konstant vorausgesetzt.
Die Zündspannung des Lichtbogens kann außer acht gelassen werden.

Da keine gegenseitige Beeinflussung besteht, kann man den Strom einer Anode allein betrachten, seinen Mittelwert über eine Periode bilden und die untereinander gleichen Anodenbeiträge zum resultierenden Gleichstrommittelwert zusammenfassen.

Das erste Kirchhoffsche Gesetz lautet, auf einen Anodenkreis angewendet:

$$\sqrt{2}\, E_a (\sin \vartheta - \sigma) - X \frac{d i_a}{d \vartheta} = 0 . \qquad (1)$$

Darin bedeuten $\vartheta = \omega t$ den Zeitwinkel, i_a den Anodenstrom und $\sigma = \frac{E_b + E_g}{\sqrt{2}\, E_a}$ die auf die Scheitelspannung bezogene Gesamtgegenspannung. Die Differentialgleichung ergibt mit der Anfangsbedingung $i_a = 0$ im Zündzeitpunkt der Anode $\vartheta = \arcsin \sigma$ und bei Einführen des mittleren Kurzschlußstromes $I_{ak} = \frac{\sqrt{2}\, E_a}{X}$ die Lösung:

$$i_a = I_{ak} \left[\sqrt{1 - \sigma^2} - \cos \vartheta - \sigma (\vartheta - \arcsin \sigma) \right] . \qquad (2)$$

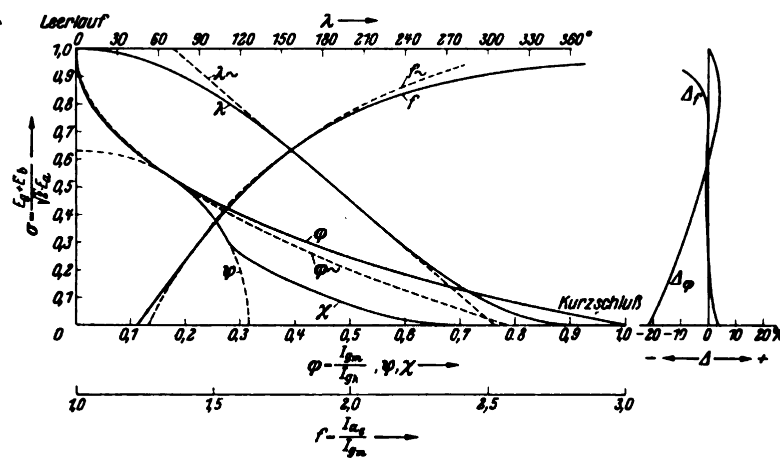


Bild 2. Kennlinie φ des Gleichrichters mit ausgeprägten Anodendrosseln, Formfaktor f und Brenndauer λ in Abhängigkeit vom Verhältniswert σ. Näherungskurven $\varphi_\sim$, $f_\sim$ und $\lambda_\sim$ mit zugehörigen Fehlerkurven Δ_φ und Δ_f. Kennlinie des Zweiphasengleichrichters mit Streutransformator ψ und mit Primärdrosseln χ.

Die Löschbedingung $i_a = 0$ im Zeitpunkt $\vartheta = \lambda + \arcsin\sigma$ liefert nach kurzer Zwischenrechnung eine Beziehung für die Brenndauer λ:

$$\frac{\sigma}{\sqrt{1-\sigma^2}} = \frac{1-\cos\lambda}{\lambda - \sin\lambda}. \qquad (3)$$

Diese transzendente Gleichung läßt sich nach σ auflösen. Setzt man $\sigma = \sin\delta$, dann wird die linke Seite der Gleichung $\operatorname{tg}\delta$. Das Ergebnis dieser Auswertung zeigt die mit λ bezeichnete Kurve in Bild 2. Bildet man den arithmetischen Mittelwert des Anodenstromes:

$$I_{am} = \frac{1}{2\pi}\int\limits_{\arcsin\sigma}^{\lambda+\arcsin\sigma} i_a \, d\vartheta,$$

so erhält man unter Berücksichtigung von $I_g = p\,I_a$ den Ausdruck für den Gleichstrommittelwert, bezogen auf den mittleren Kurzschlußgleichstrom $I_{gk} = \frac{p\sqrt{2}\,E_a}{X}$ zu

$$\varphi = \frac{I_{gm}}{I_{gk}} = \frac{1}{2\pi}\left[(\lambda - \sin\lambda)\sqrt{1-\sigma^2} - \left(\frac{\lambda^2}{2} - 1 + \cos\lambda\right)\sigma\right]. \qquad (4)$$

Damit ist bereits die Gleichung der Stromspannungskennlinie φ gefunden, die in Bild 2 mit Hilfe der graphisch dargestellten Beziehung zwischen σ und λ punktweise ermittelt ist. Eine geometrische Deutung des Zusammenhanges zwischen σ und λ zeigt Bild 3. Die Ausdrücke $x = 1 - \cos\lambda$ und $y = \lambda - \sin\lambda$ in Gl. (3) bestimmen eine gemeine Zyklode z mit dem Parameter λ und dem Rollkreishalbmesser 1. Aus den für das Auflösen der Gleichung benutzten trigonometrischen Substitutionen

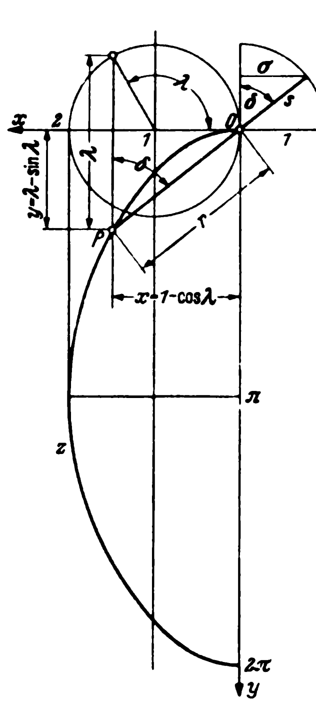


Bild 3. Geometrische Deutung des Zusammenhanges zwischen der Brenndauer λ und dem Spannungsverhältnis σ.

folgt, daß der Fahrstrahl s den zu einer bestimmten Brenndauer λ gehörigen Wert von σ am Einheitskreis k abschneidet. Die Konstruktion läßt sich auch noch weiter ausbauen und zufolge der Beziehung

$$\overline{PO} = r = y\cos\delta + x\sin\delta =$$
$$= (\lambda - \sin\lambda)\sqrt{1-\sigma^2} + (1-\cos\lambda)\,\sigma$$

zu einer punktweisen Bestimmung der Spannungskennlinie φ auf graphischem Wege benutzen.

Für die Bemessung des Transformators und der Drosseln ist noch die Kenntnis des effektiven Anodenstromes erforderlich. Der quadratische Mittelwert des Anodenstromes lautet, auf den Zündpunkt bezogen:

$$I_{ae} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int\limits_0^\lambda i_a^2\, d\tau} =$$

$$= I_{ak}\sqrt{\frac{1}{2\pi}\int\limits_0^\lambda \left[\sqrt{1-\sigma^2} - \cos(\tau + \arcsin\sigma) - \sigma\tau\right]^2 d\tau}\,;$$

$$\tau = \vartheta - \arcsin\sigma.$$

Führt man die Integration unter der Wurzel durch, bezeichnet diese vorübergehend mit W und teilt die ganze Gleichung durch $I_{am} = I_{ak}\,\varphi$, dann erhält man den Formfaktor

$$f = \frac{I_{ae}}{I_{am}} = \frac{W}{\varphi}, \qquad (5)$$

der in Bild 2 ebenfalls in Abhängigkeit von σ dargestellt ist. Auf diesem Kurvenblatt sind auch noch für den Zweiphasengleichrichter die Spannungskennlinien ψ für Primärdrosseln und χ für den Streutransformator eingetragen. Im Bereich $\sigma = 1$ bis 0,538 fallen beide Kennlinien mit der Kurve φ zusammen. Das ist für den Zweiphasengleichrichter das Gebiet des lückenhaften Betriebes. Der Grenzwert von σ für die punktförmige Anodenablösung errechnet sich aus Gl. (3), wenn man für $\lambda = 2\pi/p$ einsetzt. Unterhalb dieser Grenze verlaufen ψ und χ auf der Ellipse mit den Halbachsen $2/\pi$ und $1/\pi$, die sich als Kurve konstanter Brennzeit ableiten läßt. Während ψ bis zum Kurzschlußpunkt auf dieser Kurve verbleibt, löst sich χ bei $\sigma = 0{,}296$ ab und erreicht den Kurzschluß ungefähr bei dem Wert $\chi = 0{,}68$. Die Darstellung der beiden Kennlinien zeigt[3]), daß es für den Zweiphasengleichrichter bis zu einem in der Praxis kaum wesentlich unterschrittenen Wert von σ belanglos ist, an welcher Stelle der Schaltung die Induktivitäten zur Wirkung gebracht werden.

Beim Dreiphasengleichrichter, bei dem das Ablösen der Ellipse nach obigem schon bei $\sigma = 0{,}776$ stattfindet, stimmt daher ψ für kleinere Werte von σ nur mehr näherungsweise mit φ überein. Die Praxis lehrt aber, daß man in normalen Fällen dreiphasige Streutransformatoren noch mit ausreichender Genauigkeit nach dem für ausgeprägte Anodendrosseln streng gültigen Verfahren bestimmen kann. Höherphasige Ladegleichrichter mit Streutransformatoren brauchen wohl kaum in Betracht gezogen werden.

3. Näherungsformeln für die Spannungskennlinie und den Formfaktor

Wie bereits eingangs erwähnt wurde, erscheint es zweckmäßig, die Funktionen φ und f innerhalb des Arbeitsbereiches durch einfache analytische Ausdrücke anzunähern, um dadurch einen besseren Einblick in die Zusammenhänge der einzelnen Größen zu gewinnen.

[3]) Vgl. A. Glaser und K. Müller-Lübeck, Bd. I, Julius Springer, Berlin 1935. S. 116.

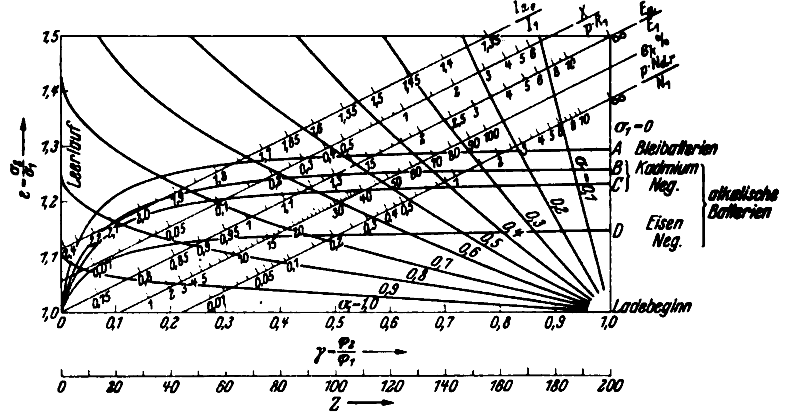


Bild 4. Ladekennlinien mit dem Gegenspannungsverhältnis ε als Funktion des Ladestromverhältnisses γ für konstante Werte von $\sigma_1 = E_1/\sqrt{2}\,E_a$. Transversalmaßstäbe für die Kenngrößen der Transformatoren und Ladedrosseln. Gegenspannungsverhältnis ε als Funktion der Zellenzahl Z für die verschiedenen Batteriearten.

Da für die weiteren Untersuchungen eine genaue Wiedergabe der Funktion φ nur im Bereich vom Leerlaufpunkt bis etwa zum Wert $\sigma = 0{,}4$ erforderlich ist, soll vorerst eine Potenzreihenentwicklung an der Stelle $\sigma = 1$ versucht werden. Nach dem dritten Glied abgebrochen lautet der erhaltene Näherungsausdruck[4]):

$$\varphi \approx \frac{9}{4\,\pi}\,(1 - \sigma)^2 .$$

Es wurde somit aus der exakten Beziehung Gl. (4) als Näherungsausdruck die Gleichung einer Parabel zweiter Ordnung mit waagerechter Achse abgeleitet, wie es schon nach der Gestalt der Kurve zu vermuten war. Aus der Natur des verwendeten Näherungsverfahrens folgt, daß die Anpassung in der Nähe des Scheitels am Leerlaufpunkt genau ist, für abnehmende σ aber gegen den Kurzschlußpunkt zu immer ungenauer wird. Für das bezeichnete Arbeitsgebiet erhält man gute Näherungswerte über den ganzen Bereich, wenn man den Scheitel der Parabel festhält, sie aber durch den aus der Funktion für $\sigma = 0{,}6$ genau bestimmten Punkt hindurchlegt. Die so gefundene Parabelgleichung, mit der im folgenden gearbeitet werden soll, lautet:

$$\varphi \approx 0{,}785\,(1 - \sigma)^2 . \tag{6}$$

Für Untersuchungen, die über den hier benötigten Bereich hinausgehen, muß die Potenzreihenentwicklung an einer anderen Stelle vorgenommen oder höhere Potenzen berücksichtigt werden.

Der Ausdruck für den Formfaktor f läßt sich mit erträglichem Rechenaufwand nicht in eine Potenzreihe entwickeln. Hier kann aber eine Annäherung auf Grund einer anderen Überlegung gefunden werden. Bekanntlich ist für Rechteckwellen der Formfaktor proportional der Quadratwurzel aus dem Kehrwert der Brenndauer. Für den Gleichrichter mit Anodendrosseln läßt sich nachweisen, daß eine Proportionalität der beiden Größen noch mit guter Annäherung vorhanden ist[5]). Den Proportionalitätsfaktor bestimmt man für einen Punkt des normalen Arbeitsbereiches, etwa für $\sigma = 0{,}5$, und nähert gleichzeitig die Beziehung Gl. (3) zwischen σ und λ an dieser Stelle durch die Tangente $\lambda_{\sim}$ in Bild 2 an. Beim Zusammenfassen sämtlicher auftretenden Koeffizienten läßt sich der Näherungsausdruck für f in folgende Form bringen:

$$f \approx \sqrt{\frac{2{,}1}{1{,}3 - \sigma}} . \tag{7}$$

Durch die Gl. (6) und (7) können sämtliche Untersuchungen auf rein rechnerischem Weg durchgeführt werden. Die Näherungskurven $\varphi_{\sim}$, $f_{\sim}$ und $\lambda_{\sim}$ sind in Bild 2 punktiert eingetragen. Die auftretenden Fehler Δ_φ und Δ_f sind in der Nebenfigur in Abhängigkeit von σ dargestellt.

4. Bestimmen der Transformator- und Drosselkenngrößen bei gegebener Batteriekennlinie

Für das Lösen praktischer Aufgaben der Batterieladung ist es notwendig, die Spannungskennlinie von der Anodenwechselspannung und der Induktivität als Bezugsgrößen freizumachen, da ihre Werte im allgemeinen erst bestimmt werden sollen. Hält man zunächst einen Punkt der Kennlinie fest, bezeichnet seine Koordinaten mit Index 1 und die laufenden Koordinaten mit Index 2, dann liefern ihre Verhältniswerte, in einem Achsenkreuz aufgetragen, eine Kurve, längs der σ_1 und damit die Anodenwechselspannung konstant ist. Die Verhältniswerte lauten in der Ordinate $\varepsilon = \sigma_2/\sigma_1 = E_2/E_1$ und in der Abszisse $\gamma = \varphi_2/\varphi_1 = I_2/I_1$. Der gleiche Vorgang kann für verschiedene Festwerte von σ_1 wiederholt werden und liefert in jedem Fall eine eigene Kurve. In Bild 4 wurde nach diesem Verfahren eine Kurvenschar mit dem Parameter σ_1 bestimmt, dessen Werte im Intervall von Null bis 1 in Stufen von 0,1 zunehmen. Diese Darstellung ist insofern vorteilhaft, als die Koordinaten zugleich Verhältnisse von gegebenen oder leicht ermittelbaren Gegenspannungen oder Ladeströmen sind, und das Ergebnis direkt abgelesen werden kann[6]).

Für die weiteren Betrachtungen sollen nun die Zeiger *1* und *2* die Werte von Spannung und Strom für Beginn und Ende der Ladung bezeichnen. Naturgemäß laufen alle Kurven durch den Punkt mit den Koordinaten $\varepsilon = 1$ und $\gamma = 1$, der ganz allgemein den Ladebeginn darstellt und in dem die abzugebende Gleichspannung E_1 und der höchste Ladestrom I_1 durch die Batteriegröße festgelegt sind. Die am Ende der Ladung zu erreichenden Spannungs- und Stromwerte E_2 und I_2, die gleichfalls durch die Batterie bestimmt sind, liefern, auf die Anfangswerte bezogen, einen zweiten Kurvenpunkt, aus dem sich der Parameter der durchlaufend gedachten Kennlinie entnehmen läßt. Die in der Spannungsachse liegenden Kurvenendpunkte entsprechen den Leerlaufpunkten. Man kann sich leicht überzeugen, daß in dieser Darstellung ihr ε-Wert gleich dem Kehrwert von σ_1 ist.

Aus dem Parameter σ_1 bestimmt man die Funktionswerte φ_1 und f_1 und in Umkehrung früher abgeleiteter Beziehungen den Effektivwert der Anodenspannung

$$E_a = \frac{E_1}{\sqrt{2}\,\sigma_1} \text{ in V}, \tag{8}$$

die Induktivität je Phase

$$X = \frac{p\,\sqrt{2}\,E_a\,\varphi_1}{I_1} \text{ in } \Omega, \tag{9}$$

den Höchstwert des effektiven Anodenstromes

$$I_{ae} = \frac{I_1\,f_1}{p} \text{ in A.} \tag{10}$$

[4]) Die für die Entwicklung der Potenzreihe benötigten Ableitungen von φ nach σ sind berechenbar, und zwar die erste exakt zu $d\varphi/d\sigma = -\lambda^2/2\pi$, die zweite näherungsweise durch Reihendarstellung von $\sin\lambda$ und $\cos\lambda$ in Gl. (3) bei Abbruch nach dem zweiten Glied zu $d^2\varphi/d\sigma^2 = 9/2\,\sigma^3$.

[5]) Vgl. D. C. Prince u. F. P. Vogdes, R. Oldenbourg-Verl. 1931 (Deutsche Übersetzung), S. 97.

[6]) Diesen graphischen Lösungsweg des Problems hat H. v. Bertele angegeben. Vgl. Dissertation (1931) T. H. Wien.

Sollen ausgeprägte Anodendrosseln verwendet werden, dann ist ihre Typenleistung von Interesse. Man bestimmt sie als

$$N_{dr} = \frac{I_{ae}^2 X}{2} \text{ in VA.} \tag{11}$$

Wählt man die Ausführung mit Streutransformator, dann errechnet sich die aufzubringende prozentuale Streuspannung zu

$$e_k = \frac{I_{ae} X \, 100}{E_a} \text{ in \%.} \tag{12}$$

Der Bereich, in dem die ausgeprägten Anodendrosseln noch vollwertig durch einen Streutransformator ersetzt werden können, wurde bereits angegeben.

Die Werte φ_1 und f_1 und damit auch alle übrigen in den Gleichungen (8) bis (12) berechneten Größen sind Funktionen von σ_1 und bleiben daher, wie dieses selbst, längs der Kennlinien auf Bild 4 konstant. Daher ließe sich jede dieser Kenngrößen, bezogen auf die Anfangswerte und die Phasenzahl, aus einer ähnlichen Parameterdarstellung gewinnen. Einfacher können jedoch diese Größen auf Transversalmaßstäben in die bestehende Kurvendarstellung eingetragen werden[7]), wie es in Bild 3 durchgeführt ist. Die Maßstabteilungen werden allerdings entsprechend dem Kurvenverlauf von φ und f stark unlinear. In den Maßstabgrößen bedeutet $R_1 = E_1/I_1$ den Ersatzwiderstand und $N_1 = E_1 I_1$ die Ersatzleistung. Die durch den Ladungsendpunkt in die Kurvenschar hineingelegte Kennlinie für $\sigma_1 =$ konst. schneidet auf den Transversalmaßstäben die reduzierten Werte aus. Bei Kenntnis der Phasenzahl und der Anfangswerte E_1 und I_1 können daraus sofort sämtliche Kenngrößen gefunden werden, ohne daß man dazu weitere Kurvenblätter zu Hilfe nehmen muß.

5. Abschätzen von praktisch vorkommenden Werten der Verhältniszahlen ε und γ

Bezeichnet man die Zellenzahl mit Z, den Quotienten aus der Lichtbogenspannung E_b durch die Zellenspannung e_{z_1} zu Beginn der Ladung mit $\alpha = E_b/e_{z_1}$ und das Verhältnis der Zellenspannungen am Ende und zu Beginn der Ladung mit $\beta = e_{z_2}/e_{z_1}$, dann ist, wenn man auf die ursprüngliche Bedeutung des Gegenspannungsverhältnisses zurückgeht,

$$\varepsilon = \frac{\frac{\alpha}{Z} + \beta}{\frac{\alpha}{Z} + 1}. \tag{13}$$

Diese Hyperbel hat eine Asymptote für unendliche Zellenzahl mit der Gleichung $\varepsilon = \beta$.

Das Gegenspannungsverhältnis ε ist in Abhängigkeit von der Zellenzahl in Bild 4 für die verschiedenen Batteriearten dargestellt. Die Lichtbogenspannung ist dabei für Gefäße mit flüssiger Kathode konstant mit 20 V angenommen. Die Zellenspannungen zu Beginn und am Ende der Ladung sowie die davon abgeleiteten α- und β-Werte sind in Tafel 1 zusammengestellt.

Tafel 1. Kenngrößen-Zusammenstellung

		Batterieart	e_{z_1}	e_{z_2}	α	β
A	Bleibatterien		2,1	2,75	9,53	1,31
B	alkalische Batterien	Kadmium-Negative und Röhrchenkonstruktion der Positiven	1,45	1,85	13,80	1,28
C	alkalische Batterien	Kadmium-Negative und Taschenkonstruktion der Positiven	1,40	1,75	14,30	1,25
D	alkalische Batterien	Eisen-Negative und Röhrchenkonstruktion der Positiven	1,60	1,85	12,50	1,16

7) Dieser Vorschlag stammt von A. Hochrainer, der in dankenswerter Weise die Arbeit auch an einigen anderen Stellen durch wertvolle Anregungen gefördert hat.

Aus der Kurvendarstellung folgt, daß eine Veränderlichkeit von ε nur in verhältnismäßig engen Grenzen möglich ist. Dabei ist der obere Grenzwert lediglich durch die Eigenschaften der einzelnen Sammlerzelle bestimmt und sowohl von der Zellenzahl als auch von dem Lichtbogenabfall des Gefäßes unabhängig.

Wegen der großen β-Werte, d. h. der Steilheit der Zellenkennlinien, ist es für die Batteriearten A, B und C am günstigsten, das Ladestromverhältnis γ ungefähr zwischen 0,2 und 0,5 zu wählen. Die so festgelegten ε- und γ-Streifen begrenzen aber ein verhältnismäßig kleines Arbeitsgebiet, das ungefähr zwischen den Kurven $\sigma_1 = 0{,}5$ bis 1,0 liegt. Das ist aber noch ein Bereich, in dem nach dem Vorhergehenden für den Zweiphasengleichrichter exakt, für den Dreiphasengleichrichter angenähert der Ersatz der ausgeprägten Anodendrosseln durch den Streutransformator zulässig ist. Es ist günstig, bei gleichem Rechnungsgang die freie Wahl zwischen Anodendrosseln und Streutransformator zu besitzen, da insbesondere bei Kleinladern erst die Möglichkeit der Unterbringung der Induktivitäten im Streutransformator wegen des vereinfachten Aufbaues eine Überlegenheit gegenüber anderen Ausführungsformen bringt[8]).

Für Batterien der Art D (Tafel 1) liegen die Verhältnisse etwas anders. Wegen des kleineren β-Wertes ist dort eine Ladung mit annähernd konstantem Ladestrom anzustreben. Da die Kurve D aber auch entsprechend niedriger liegt als die übrigen, ergibt sich bei der Wahl von nur 20 % Stromabfall während der Ladung, also $\gamma = 0{,}8$, und bei der Annahme von mittleren Zellenzahlen wieder ein σ_1 in der Gegend von 0,5. Also sind auch hier noch die getrennten Drosseln durch den Streutransformator ersetzbar. Für die Ladung mit möglichst konstantem Strom ist aber immerhin die Ausführung mit Primärdrosseln wegen der größeren Steilheit der Kennlinie ψ im unteren Teil (Bild 2) in Erwägung zu ziehen.

6. Anwenden des Näherungsverfahrens auf die Berechnung der Kenngrößen

Um die Gleichungen (8) bis (12) auszuwerten, mußten die Größen σ_1, φ_1 und f_1 aus Kurvendarstellungen gewonnen werden. Die für φ und f abgeleiteten Näherungsausdrücke ermöglichen es aber, innerhalb zulässiger Fehlergrenzen die gleichen Ergebnisse in einfacher Weise auch auf rein rechnerischem Wege zu erhalten und dadurch von Kurvenblättern vollkommen unabhängig zu werden.

Stellt man Gl. (6) einmal für den Ladeendpunkt *2*, das andere Mal für den Ladebeginn in Punkt *1* auf und dividiert beide Ausdrücke, dann erhält man bei Verwenden der früher eingeführten Verhältniswerte die Form:

$$\sigma_1 = \frac{1 - \sqrt{\gamma}}{\varepsilon - \sqrt{\gamma}}. \tag{14}$$

Ist σ_1 errechnet, so liefern die Gl. (6) und (7) daraus unmittelbar die Näherungswerte für φ_1 und f_1, und die Gleichungen (8) bis (12) können ausgewertet werden.

Die Ableitung der Gl. (14) entspricht dem Verfahren, das für die punktweise Ermittlung der Kurvenschar von Bild 4 angewandt wurde. Der erhaltene Ausdruck Gl. (14) stellt demnach auch eine Gleichung für die angenäherten Kurven dieser Schar dar, wie sich noch deutlicher erkennen läßt, wenn man ihn auf die normale Form der Parabelgleichung bringt:

$$\left(\varepsilon - \frac{1}{\sigma_1}\right)^2 = \left(1 - \frac{1}{\sigma_1}\right)^2 \gamma.$$

Der Rechnungsgang zur Bestimmung der Kenngrößen sei an Beispielen veranschaulicht.

8) Vgl. A. Micza (Hochrainer), Elektromarkt (1939) S. 38.

1. Beispiel

Eine 20zellige Bleibatterie soll von einem dreiphasigen Gleichrichter mit einem Anfangsladestrom von 30 A geladen werden, der gegen Ende der Ladung auf 40 % des Anfangswertes abklingt. Durch Einsetzen der Zahlenwerte findet man:

$$E_1 = Z\, e_{z_1} + E_b = 20 \cdot 2{,}1 + 20 = 62\ \text{V}, \quad I_1 = 30\ \text{A},$$

$$E_2 = Z\, e_{z_2} + E_b = 20 \cdot 2{,}75 + 20 = 75\ \text{V}, \quad I_2 = 12\ \text{A},$$

$$\varepsilon = \frac{E_2}{E_1} = \frac{75}{62} = 1{,}21, \quad \gamma = \frac{I_2}{I_1} = \frac{12}{30} = 0{,}4, \quad \sqrt{\gamma} = 0{,}632,$$

$$\sigma_1 = \frac{1 - \sqrt{\gamma}}{\varepsilon - \sqrt{\gamma}} = \frac{1 - 0{,}632}{1{,}21 - 0{,}632} = 0{,}64,$$

$$\varphi_1 = 0{,}785\,(1 - \sigma_1)^2 = 0{,}785\,(1 - 0{,}64)^2 = 0{,}162,$$

$$f_1 = \sqrt{\frac{2{,}1}{1{,}3 - \sigma_1}} = \sqrt{\frac{2{,}1}{1{,}3 - 0{,}64}} = 1{,}78.$$

Aus Gl. (18) folgt die Anodenspannung zu

$$E_a = \frac{E_1}{\sqrt{2}\,\sigma_1} = \frac{62}{\sqrt{2} \cdot 0{,}64} = 68{,}5\ \text{V}$$

und aus Gl. (9) die Induktivität zu

$$X = \frac{p\,\sqrt{2}\,E_a\,\varphi_1}{I_1} = \frac{3 \cdot 68{,}5 \cdot \sqrt{2} \cdot 0{,}102}{30} = 0{,}99\ \Omega.$$

Mit Hilfe der Gleichungen (10) bis (12) lassen sich aus den ermittelten Werten noch die übrigen Kenngrößen zum Bemessen des Transformators und der Drosseln bestimmen. Ein Vergleich mit den aus den Kurvendarstellungen abgelesenen Werten von σ_1, φ_1 und f_1 zeigt das gute Übereinstimmen der beiden Verfahren. Auch die aus den Kurven auf Bild 2 entnommenen Kenngrößen zeigen nur geringe Abweichungen gegen die errechneten Werte, die in den Grenzen der Ablesegenauigkeit liegen.

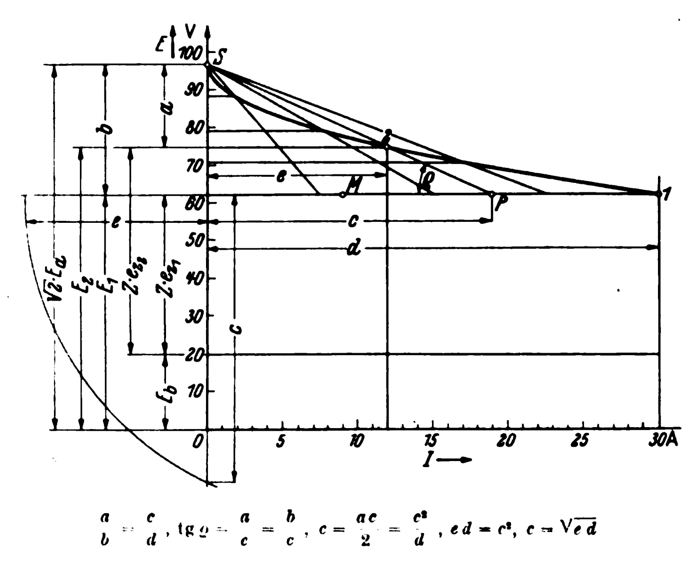
Da nach dem Näherungsverfahren die σ_1-Kurven von Bild 4 Parabeln werden, läßt sich auch aus der bekannten Konstruktion der Parabel durch einen gegebenen Punkt ein Verfahren ableiten, mit dem in jedem besonderen Fall die Spannungskennlinie gezeichnet werden kann. Für den im ersten Beispiel behandelten Fall ist in Bild 5 die Konstruktion durchgeführt.

Sind die Punkte *1* und *2* gegeben, dann ist nach einfachen geometrischen Überlegungen die Strecke c und damit der Punkt P zu konstruieren. Die Verbindungslinie von P mit *2* schneidet dann die Anodenscheitelspannung $\sqrt{2}\,E_a$ auf der Ordinatenachse ab. Damit ist das Rechteck festgelegt, in das die Parabel einzuschreiben ist. Die weiteren Punkte sind in bekannter Weise zu ermitteln.

Das rechnerische Verfahren erlaubt aber auch andere auftretende Fragen in einfacher Weise zu behandeln, wie folgendes Beispiel 2 zeigt.

2. Beispiel

Für den Fall des Beispiels 1 sei der Betrag gesucht, auf den die Ladestromstärke absinkt, wenn die Anodenspannung, etwa durch niedrigere Netzspannung, um 5 % verringert wird.



$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d}, \quad \mathrm{tg}\,\varphi = \frac{a}{c} = \frac{b}{c}, \quad c = \frac{ac}{2} = \frac{c^2}{d}, \quad e\,d = c^2, \quad c = \sqrt{e\,d}$$

Bild 5. Konstruktion der angenäherten Spannungskennlinie.

Setzt man in Gl. (9) für σ_1 den Ausdruck von Gl. (6) ein und geht gleichzeitig auf die ursprünglichen Ansätze der Verhältniswerte zurück, dann erhält man nach einigem Umformen

$$X = \frac{0{,}785\,p\,(\sqrt{2}\,E_a - E_1)^2}{\sqrt{2}\,E_a\,I_a}.$$

Bei ungeänderter Anordnung ist aber die Induktivität X ein Festwert, und der veränderte Anfangsladestrom $\bar{I}_1$ kann aus der Gleichung berechnet werden, wenn man für die Anodenspannung den um 5 % verringerten Wert einsetzt:

$$\bar{I}_1 = \frac{0{,}785\,p\,(\sqrt{2}\,E_a\,0{,}95 - E_1)^2}{\sqrt{2}\,E_a\,0{,}95\,X} =$$

$$= \frac{0{,}785 \cdot 3 \cdot (\sqrt{2} \cdot 68{,}5 \cdot 0{,}95 - 62)^2}{\sqrt{2} \cdot 68{,}5 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}99} = 23{,}3\ \text{A}.$$

In ähnlicher Weise können auch andere derartige Aufgaben behandelt werden. So sind z. B. leicht die Stromstärken anzugeben, die auftreten, wenn ausnahmsweise Batterien anderer Zellenzahl geladen werden sollen, für die der Gleichrichter nicht bemessen ist, oder es können die Verhältnisse untersucht werden, die entstehen, wenn die Induktivitäten von den vorausberechneten Werten abweichen u. a. m.

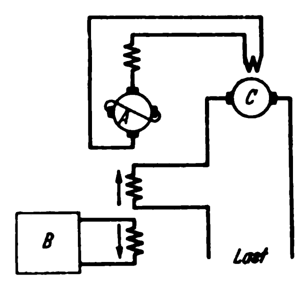
7. Zusammenfassung

Für die in der Theorie des Ladegleichrichters mit Anodeninduktivitäten auftretenden transzendenten Beziehungen wurden einfache analytische Näherungsausdrücke aufgestellt, durch die alle auftretenden Fragen rechnerisch verfolgt werden können. Das angenäherte Rechenverfahren wurde dem graphischen Verfahren gegenübergestellt und an Beispielen auf besondere Fälle angewendet, wobei seine Brauchbarkeit deutlich wurde.

Industrielle Anwendungen des Verstärker-Generators (Amplidyne)

DK 621.34 : 621.313.17

In dem Aufsatz wird der aus der Arbeit von Alexanderson, Edwards und Bowman im gleichen Heft, S. 104, bekannte Amplidyne-Generator[1]) für die Steuerung elektrischer Antriebe behandelt[2]). Zuerst wird das Wesen des geschlossenen Steuerkreises klargelegt, worunter die Verfasser eine Regelanordnung verstehen, bei der eine sich durch Messung ergebende Differenz einer Drehzahl, eines Stromes, einer Spannung oder einer anderen elektrisch wiederzugebenden Größe gegenüber einem gewünschten Wert nach erfolgter möglichst trägheitsloser Verstärkung zur selbsttätigen Ausregelung dieser Abweichung benutzt wird. Als wichtigste Forderung, die an eine Schnellregelung gestellt wird, wird jene nach kleinster Zeitverzögerung zwischen Regelsignal, d. h. dem Anstoß zum Einleiten der Regelung und der Durchführung der Regelung herausgestellt und betont, daß viele industrielle Antriebe nur $^1/_{10}$ s bis $^1/_4$ s anstreben.



A Amplidyne-Erreger mit Kompensationswicklung und gegeneinander gerichteten Steuerfeldern
B primäre Stromquelle geeigneter Art
C fremderregter Gleichstromgenerator, so gesteuert, daß er Strom proportional dem Strom der Primärquelle liefert

Bild 1. Schaltung eines Amplidyne-Erregers in einem geschlossenen Steuerkreis mit Differenzfelderregung.

Die einfachste Schaltung eines Amplidyne-Erregers, der hier als Erregermaschine einer Gleichstromdynamo *C* dient, ist in Bild 1 dargestellt. Die Amplidyne *A* besitzt außer der Wicklung, die von dem zu regelnden Strom durchflossen wird, eine in Gegenschaltung liegende, von der Fremdquelle *B* erregte und willkürlich geregelte Wicklung. Die Amperewindungen jeder der zwei Wicklungen betragen ein mehrfaches jener, die für Vollerregung von *A* erforderlich sind, so daß schon bei geringer Abweichung des Ankerstromes der Maschine eine erhebliche Feldänderung in *C* die Folge ist. Eine Regelgenauigkeit von einigen % ist mit dieser einfachen Anordnung erreichbar und für solche Zwecke ausreichend, bei denen es wohl auf trägheitslose Regelung, aber weniger auf Genauigkeit ankommt.

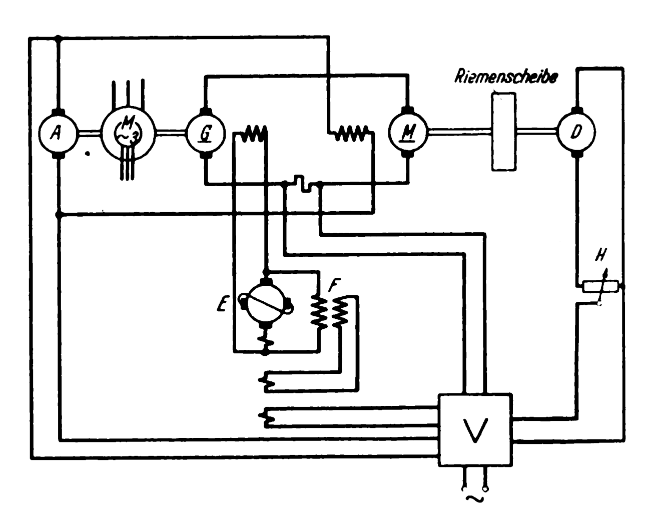
In einer Weiterentwicklung dieser Grundschaltung besitzt die Amplidyne nur eine von außen erregte Wicklung, auf die die Differenz einer regelbaren Fremdspannung als Vergleichsgröße und eines ohmschen Spannungsabfalles im Verbrauchsstrom als verstärkte Ausgangsgröße der Maschine *C* zur Wirkung kommt und die Abweichung des Verbrauchsstromes korrigiert.

Eine dritte Anordnung benutzt einen wie die zweite geschalteten Verstärker *A*, dessen einzige von außen erregte Wicklung über einen zusätzlichen Verstärker gespeist wird, der seinerseits sowohl von der Spannung als auch dem Strom der Maschine *C* gesteuert wird. Hierdurch soll ermöglicht werden, in der Maschine je nach den Betriebsbedingungen von einer Stromregelung willkürlich auf eine Spannungsregelung und umgekehrt überzugehen, so daß eine beliebige Strom-Spannungs-Kennlinie eingehalten werden kann.

Als praktisches Ausführungsbeispiel wird eine Werkzeugmaschinensteuerung, und zwar eine Einstellsteuerung der Bohrköpfe eines Bohrwerkes, beschrieben. Die Ankerleistung des Verstellmotors wird von einem Amplidyne-Generator geliefert, dessen Felderregung durch genau arbeitende Grenzschalter gesteuert wird. Hierbei ist die große Verstärkung vorteilhaft, da durch die Grenzschalter nur sehr kleine Ströme zu steuern sind. Die Steuerung wird durch Druckknöpfe betätigt, und an einer Skala die gewünschte Lage des Bohrkopfes eingestellt. Die ganze Steuerung arbeitet dann selbsttätig, wobei in der Nähe der gewünschten Stellung der Verstellmotor auf kleine Schleichdrehzahlen heruntergeht und genau anhält.

[1]) D. R. Schoults, M. A. Edwards und F. E. Crever, Gen. Electr. Rev. 43 (1940) S. 114; 6 S., 11 B.
[2]) ETZ 62 (1941) S. 395; vgl. auch ETZ 62 (1941) S. 763.

Für Walzwerksantriebe wird eine Ausrüstung mit zwei Amplidynen beschrieben, deren eine zum Steuern der Geschwindigkeit und Beschleunigen des Walzgutes und deren zweite größere zum Regeln bzw. Konstanthalten des Walzenzuges dient. Die erstere arbeitet auf das Generatorfeld und dient für die feinstufig regelbare Generatorspannung, die zweite wirkt auf das Motorfeld der in Leonardschaltung verbundenen Maschinen. Die Verbindung eines Röhrenverstärkers mit einer Amplidyne zeigt das Beispiel eines Papiermaschinenantriebes (Bild 2), der eine weitgehende Drehzahlregelung für verschiedene Papiersorten erfordert. Der Leonard-Generator *G* wird von der Amplidyne *E* erregt, die ihrerseits über einen Röhrenverstärker von einer Drehzahldynamo gesteuert wird, die an der Arbeitsmaschine sitzt. In der Amplidyne wird eine empfindliche Differenzschaltung angewendet, die nicht nur genaue Geschwindigkeitsregelung, sondern auch richtiges Einhalten des Stromverlaufes beim Beschleunigen und Verzögern bewirken soll. Nach der Beschreibung soll der gesamte Verstärkungsfaktor des Steuersystems groß sein und die Drehzahl auf Bruchteile eines Prozentes und die zulässigen Stromgrenzen innerhalb weniger % eingehalten werden.



A Erregermaschine konstanter Spannung
D Drehzahldynamo
E Amplidyne-Erreger
F Stabilisierungstransformator
G Generator für geregelte Spannung
H Widerstand zur Drehzahleinstellung
M Hauptarbeitsmotor
V Röhrenverstärker

Bild 2. Grundschaltung eines Papiermaschinenantriebes, enthaltend einen Röhrenverstärker und einen Amplidyne-Erreger zum Steuern des Beschleunigungsstromes und zur Drehzahlregelung.

Nach der Steuerung einer Pendelschere, wobei die Scherengeschwindigkeit mit der Geschwindigkeit der letzten Walze eines Warmwalzwerks synchronisiert wird, wird ein photoelektrisch gesteuerter Papier-Wickel- und Schneideantrieb und schließlich die Regelung eines 5000 PS-Synchronmotors für ein Stahlwalzwerk behandelt. Dabei wird bei Belastungen bis zu 150% der Vollast die Felderregung mittels des Amplidyne-Erregers von 50 kW auf konstante voreilende Blindleistung geregelt und damit die Überlastungsfähigkeit des Motors gesteigert. Die Steuerfeldleistung der Amplidyne wird in Abhängigkeit vom Motorstrom und der Netzspannung beeinflußt und verbraucht nur wenige Watt. Anschließend wird hervorgehoben, daß die guten Eigenschaften der Amplidyne, nämlich hoher Verstärkungsfaktor und kleine Trägheit, sie auch für solche Steuer- und Regelverfahren geeignet machen, bei denen hohe Anforderungen bezüglich schneller Umsteuerung eines Anker- oder eines Feldkreises gestellt werden. *Mnh.*

Die Isolationsbemessung von Hochspannungsanlagen in den V.S. Amerika

Von H. v. Cron VDE, Berlin

DK 621.311.048(73)

Übersicht. Da die Frage der Isolationsbemessung von Hochspannungsanlagen volkswirtschaftlich sehr bedeutungsvoll ist, haben für uns die in den V. S. Amerika gemachten Erfahrungen erhebliches Interesse. Die Behandlung dieser Frage in der amerikanischen Fachpresse hat jedoch großen Umfang angenommen, und es ist schwierig, sich daraus ein Bild über die Entwicklungsrichtung zu machen. Daher sollen die wesentlichsten Gesichtspunkte und Bestrebungen aufgezeigt werden, um die es bei den gegenwärtigen Auseinandersetzungen geht.

1. Entwicklungsrichtung der amerikanischen Isolationsbemessung

Vor etwa 11 Jahren brach sich in den V. S. Amerika die Erkenntnis Bahn, daß die Isolierung der Hochspannungsanlagen vom Standpunkt der Gewittersicherheit einer einheitlichen Lenkung bedarf [1]*). Damals konnte man nicht voraussehen, an welcher Stelle der Anlage der von einer atmosphärischen Überspannung hervorgerufene Isolationsniederbruch stattfinden würde. In manchen Fällen wurden minder wichtige Anlageteile in einem Abzweig, in anderen wertvolle, z. B. die Umspanner, betroffen. Die Verstärkung der Isolation an einer als zu schwach erkannten Stelle hatte oft unerwünschte Rückwirkungen auf andere Stellen [2]. Obwohl die einzelnen Anlageteile, wie Umspanner, Drosselspulen, Kondensatoren, Wandler, Schalter, Isolatoren und Überspannungsschutzgeräte der gleichen Isolationsklasse (insulation class, reference class, entsprechend unserer Spannungsreihe) angehörten, war ihr Isoliervermögen gegenüber Stoßbeanspruchungen, wie sie beim Gewitter auftreten, offenbar recht verschieden. Von einer planmäßigen Isolierung der Gesamtanlage konnte noch nicht die Rede sein. Weder über die die Isolation der Geräte beanspruchenden Gewitterspannungen noch über das Isoliervermögen der Geräte gegen Stoßspannungen war Näheres bekannt.

Mit der Erforschung der Gewitterüberspannungen und des Isoliervermögens der einzelnen Anlageteile gegenüber Stoßspannungen gewann man bald die klare Einsicht, daß durch entsprechende Isolationsbemessung der elektrische Niederbruch infolge einer Gewitterüberspannung auf eine vorherbestimmte Stelle der Anlage zu beschränken war, die man so wählen konnte, daß an den Geräten und für den Betrieb der geringste Schaden entstand.

Dieser Gedankengang läuft im Grunde genommen auf eine Isolations a b s t u f u n g innerhalb der Anlage hinaus, wie sie z. B. von Ph. S p o r n schon im Jahre 1928 vorgeschlagen wurde [2]. Eng verknüpft damit sind die sogenannten „Stoßisolations-Grundpegel" (basic impulse insulation levels, kurz „BILs"), die als Grundlage und Richtschnur für eine planvolle Isolierung gegenüber Stoßbeanspruchungen gedacht sind. Man versteht unter einem Stoßisolationspegel einen Stoßspannungs-Richtwert, ausgedrückt als Scheitelwert einer genormten Stoßwelle von höchstens 1,5 μs Stirndauer und 40 μs Halbwertzeit, der einerseits die untere Grenze für das Stoßisoliervermögen der Anlageteile angibt und anderseits die obere Grenze für alle die Überspannungen darstellt, die normalerweise von einem Überspannungsschutzgerät durchgelassen werden. Der Stoßisolations-Grundpegel bildet also die Grundlage für die einfachste Art der Isolationsabstufung, nämlich die Stufung zwischen den gegen einen Niederbruch ihrer Isolation gesicherten Anlageteilen und der Isolation der „schwachen Stelle", also dem Überspannungsschutzgerät.

*) Die Zahlen in eckigen Klammern [ ] beziehen sich auf das Schrifttum am Schluß der Arbeit.

In der Entwicklung der Isolationsbemessung lassen sich zwei Abschnitte [1] deutlich unterscheiden: Im ersten richteten sich die Bestrebungen auf das Festlegen von Stoßisolations-Grundpegeln, die mit der Praxis gut abgestimmt sind, während im zweiten bis jetzt noch nicht abgeschlossenen eine Regelung über die Art und Weise der Anwendung dieser Pegel getroffen werden soll.

2. Festlegung der Stoßisolations-Grundpegel

Als Ergebnis des ersten Entwicklungsabschnittes empfahl der EEI-NEMA-Ausschuß in seinem Bericht vom Jahre 1937 [3] die aus Tafel 1, Spalte 2 und 3 ersichtlichen Stoßisolations-Grundpegel. Diese gingen aus der Untersuchung bestehender Hochspannungsanlagen durch einen Unterausschuß hervor. Der Unterausschuß wählte dazu nicht etwa die Stoßüberschlagspannungen hochisolierter Stationen aus, sondern die von Anlagen, die eine gute mittlere Isolation aufwiesen und mit denen jahrelange gute Betriebserfahrungen vorlagen. Die ausgewählten Werte sind deshalb nicht unbillig hoch, sondern stellen einen guten Durchschnitt zur Zeit der Untersuchung dar.

T a f e l 1. Stoßisolations-Grundpegel.

Spalte 1	2	3	4
Isolationsklasse (kV)	Stoßisolations-Grundpegel nach alter Definition (1937)[1] in cm Schlagweite der Parallelfunkenstrecke	in kV (Scheitelwert)	Stoßisolations-Grundpegel nach neuer Definition[1] (1940) in kV (Scheitelwert)*)
1,2	2,0	32	30
2,5	4,1	53	45
5,0	5,6	63	60
8,66	8,4	80	75
—	—	—	95
15	11,4	100	110
23	18,0	150	150
34,5	25,9	190	200
46	34,3	250	250
69	52,3	360	350
92	69,7	470	450
115	87,5	570	550
138	107,0	680	650
161	124,7	790	750
196	152,4	950	900
230	179,0	1100	1050
287	224	1360	1300
345	269	1620	1550

*) Diese Pegel geben eine bestimmte Abstufung an; Zwischenwerte werden nicht anerkannt.

Nach C. A. P o w e l [4] wurden bei dieser Untersuchung beträchtliche Unterschiede in der Stoßüberschlagspannung der im praktischen Gebrauch befindlichen Anlageteile festgestellt. Die Stoßüberschlagspannungen lagen nämlich, wie Bild 1 zeigt, bei den niedrigen Netzspannungen zwischen dem vier- bis zehnfachen Scheitelwert der Sternspannung des Netzes (system voltage to neutral), bei den hohen Netzspannungen immer noch zwischen dem drei- bis sechsfachen Scheitelwert.

Die genannten Mittelwerte der Stoßüberschlagspannungen wurden mit den Begrenzungsspannungen der damals verfügbaren Überspannungsableiter und denen der

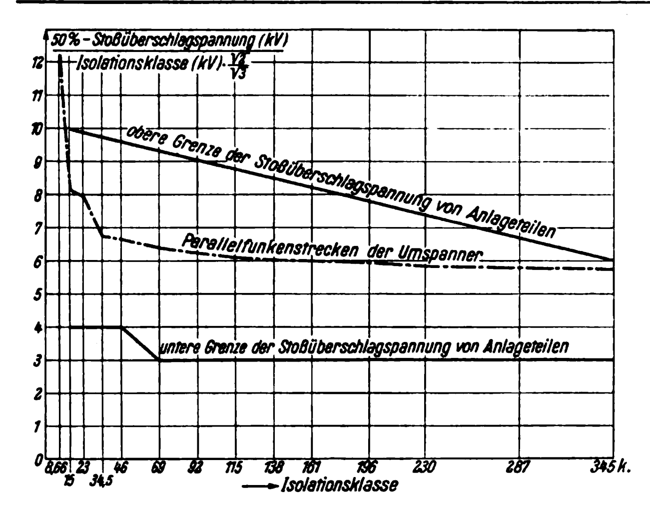


Bild 1. Stoßüberschlagspannungen der im Jahre 1937 im praktischen Gebrauch befindlichen Teile von Hochspannungsanlagen. (Nach C. A. Powel.)

gebräuchlichen Parallelfunkenstrecken (testgaps) der Umspanner verglichen. Der AIEE-Transformatoren-Ausschuß war nämlich ganz unabhängig von der obengenannten Untersuchung zum Festsetzen des Stoßisolationspegels mittels der Parallelfunkenstrecke des Umspanners gelangt [5]. Diese war für die Pegelbestimmung deshalb besonders gut geeignet, weil sie sich von der „Coordination-Gap" herleitet, die die Aufgabe hatte, das Stoßisoliervermögen des Umspanners der übrigen Anlage beizuordnen. Der Vergleich ergab, daß die gewonnenen Mittelwerte ganz gut mit den Werten der Umspanner-Parallelfunkenstrecke zusammenfielen (vgl. Bild 1). Mithin schien dieser Stoßisolationspegel eine brauchbare Grundlage für die Isolationsbemessung von Hochspannungsanlagen zu sein.

Bis zum Jahre 1937 war es üblich, das Stoßisoliervermögen durch die Schlagweite einer Stabfunkenstrecke anzugeben (siehe Spalte 2 der Tafel 1). Die Stoßprüftechnik war noch nicht soweit durchgebildet, daß die Prüffelder die Stoßüberschlagspannungen der Stabfunkenstrecke genügend genau und eindeutig angeben konnten. Im Jahre 1937 war diese Schwierigkeit überwunden und der Stoßisolations-Grundpegel konnte als 50 %-Stoßüberschlagspannung der Stabfunkenstrecke in kV ausgedrückt werden (siehe Spalte 3 der Tafel 1). Daraus ergaben sich aber andere Schwierigkeiten.

3. Anwendung der Stoßisolations-Grundpegel

Seit 1937 ist ein EEI-NEMA-Unterausschuß „für Isolationsbemessung der Anlageteile" eingesetzt, der die Aufgabe hat, das Stoßisoliervermögen der verschiedenen Anlageteile auf Grund der Pegelwerte im einzelnen festzulegen und zu diesem Zweck Erfahrungen zu sammeln, die mit der Anwendung der Pegelwerte gemacht wurden. Diese Untersuchung hat gezeigt, daß die ursprünglich gewählten Grundlagen einer weiteren Klärung und Berichtigung bedurften [1].

Es ist praktisch nicht durchführbar, alle Teile einer Hochspannungsanlage durch Spannungsstöße mehrfach bis zum Überschlag zu beanspruchen, um ihr Stoßisoliervermögen nachzuweisen. Daher entwickelte sich der Brauch, das Stoßisoliervermögen durch eine Vollwellen-Prüfspannung auszudrücken. Diese stellt die höchste Stoßspannung dar, bei der gerade noch kein Überschlag am Prüfling stattfindet, während der Pegel bisher durch die 50 %-Überschlagspannung („critical" flashover voltage [6]) ausgedrückt wurde. Um diesen Unterschied zu berücksichtigen und klare Versuchsbedingungen für die Abnahmeprüfung zu schaffen, hätte man zu den früheren Stoßisolations-Grundpegeln eine negative Toleranz angeben müssen. Um das zu vermeiden, hat der Ausschuß im Jahre 1940 die Überschlagspegel grundsätzlich fallenlassen und dafür die etwa 5 % tieferliegenden Vollwellenpegel angegeben. Die vierte Spalte der Tafel 1 enthält diese neuen Pegelwerte, die im übrigen gegenüber den früheren nur wenige Berichtigungen zu erfahren brauchten [1]. Ein neuer Pegel von 110 kV wurde hinzugefügt.

4. Verschiedene Ansichten über die Anwendung der Pegel

Im Zusammenhang mit der obengenannten Aufgabe, den Stoßisolationspegel zum Bemessen des Stoßisoliervermögens der einzelnen Teile einer Anlage anzuwenden, wurde die Frage aufgestellt und erörtert, ob es berechtigt sei, die Stoßisolationspegel den Isolationsklassen fest zuzuordnen. Hierüber haben sich zwei grundsätzlich verschiedene Meinungen herausgebildet [1]. Die eine stützt sich darauf, daß die in eine Anlage eindringenden Gewitterüberspannungen nicht nur von der Betriebsspannung der Anlage abhängen und deshalb die Stoßpegel keinen Bezug auf die Isolationsklassen nehmen sollten; vielmehr sollten sie mit A, B, C . . . oder 1, 2, 3 . . ., also in neutraler Weise, gekennzeichnet werden. Die andere Meinung sagt, daß das Weglassen der Zuordnung der Isolationsklassen zu den Stoßpegeln zu einer erheblichen Verwirrung in den Herstellerkreisen führen müsse.

Die Meinung, daß ein fester Zusammenhang zwischen Stoßisolationspegeln und Isolationsklassen vermieden werden solle, scheint in der letzten Zeit an Boden zu gewinnen. Die in den V. S. Amerika verfügbaren 18 Stufen der Isolationsklassen gegenüber unseren 12 Spannungsreihen in Deutschland machen ein derartiges Vorgehen möglich. So sind z. B. die Stoßisolations-Grundpegel (Tafel 1) mit folgender Bemerkung versehen worden [1]: „Anlageteile, deren Nennspannung mit der Isolationsklasse der Tafel 1 übereinstimmt, brauchen nicht notwendigerweise den in der Tafel angegebenen Stoßspannungswerten des betreffenden Pegels zu entsprechen".

C. A. Powel und Ph. Sporn nehmen für Geräte, die sich in langjährigem Betrieb bewährt haben, von einem schematischen Erhöhen des Stoßisoliervermögens auf den Pegelwert, wie es bei festem Zuordnen der Pegel zu den Isolationsklassen erforderlich wäre, Abstand. J. H. Foot und J. R. North [7] fordern das Festlegen des Pegels für eine Anlage nur unter dem Gesichtspunkt, daß ein ausreichender Schutz durch Überspannungsschutzgeräte erzielt wird.

5. Bestimmen des Stoßisolationspegels verschiedener Anlagen vom Schutzpegel aus

Die hier geforderte Überprüfung der Pegel vom Standpunkt des Schutzes durch Überspannungsschutzgeräte führen Ph. Sporn und I. W. Gross mit Hilfe einer Aufstellung [8] durch, die in Tafel 2 wiedergegeben ist. In dieser Tafel ist der Versuch gemacht, jeder Isolationsklasse (Zeile a) „normale Schutzpegel" (protectable levels) (Zeilen r, s bzw. t) zuzuordnen. Unter dem „Schutzpegel" einer Anlage wird die Begrenzungsspannung des verwendeten Überspannungsschutzgerätes zuzüglich eines gewissen Sicherheitszuschlages verstanden, der weiter unten näher erläutert wird. Die Begrenzungsspannungen der Überspannungsableiter mit spannungsabhängigem Widerstandsblock sind in Amerika genormt [9, 10, 11]. Um eine durchschnittliche Begrenzungsspannung des Ableiters (lightning-arrester IR-drop) angeben zu können, ist die Beanspruchung mit einer angenähert sinusförmigen Stromwelle von 5 kA Scheitelwert, die in 10 μs auf den Scheitelwert ansteigt und in weiteren 10 μs auf den Halbwert abfällt, angenommen. Diese Welle kommt erfahrungsgemäß im Betrieb noch genügend häufig vor, um ihr Benutzen als Grundlage für den Schutzpegel zu rechtfertigen.

Beim Zuordnen ist davon ausgegangen, daß die höchstzulässige betriebsfrequente Spannung, für die der Ableiter verwendet werden darf (lightning-arrester maximum voltage rating), von der größten im Störungsfalle

Tafel 2. Bestimmung der Sicherheitsüberschüsse (Ü) der Stoßisolations-Grundpegel (P) über die Begrenzungsspannungen der Überspannungsschutzgeräte [1].
Abkürzungen: SP. Schutzpegel, A. Ableiter, Bg. Begrenzungsspannung des Ableiters

	Spalte 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
(a)	Isolationsklasse	0,6	1,2	2,5	5.0	8,7	12	15	23	34,5	46	69	92	115	138	161	196	230	288	345
(b)	eff. Netzspannung — höchste normale (zwischen den Leitern) kV	0,6	1,2	2,4	4,8	8,3	12,5	14,4	24	36	46	69	92	115	138	161	196	230	288	345
(c)	eff. Ortsspannung**) — höchste erwartete (zwischen den Leitern) kV	0,72	1,44	2,9	5,8	10	13,8	16,5	25,8	38,1	48,7	73,1	97,5	122	146	171	208	244	305	366
	Netze mit isoliertem Sternpunkt — Ableiter																			
(d)	höchstzulässige eff. Verwendungsspannung des A. (genormt) kV	1	1,5	3	6	12	15	20	25	40	50	73	97	121	145	169	207	242	302	363
(e)	Bg. des A. kV*)	6	9	18/11	33/23	63/46	78/57	94/77	118/95	190/154	238/192	348/282	371	463	560	651	780	927	1160	1400
(f)	Ü. des P. über die Bg. des A. (q—e) kV*)	19	21	27/34	27/37	12/29	17/38	16/33	32/55	10/46	12/58	2/68	79	87	90	99	120	123	140	150
(g)	Ü. des nächst höheren P. über die Bg. d. A. [(q + 1) — e] kV*)	24	36	42/49	42/52	32/39	32/53	56/73	82/105	60/96	112/158	102/168	179	187	190	249	270	373	390	—
	Netze mit geerdetem Sternpunkt — Ableiter																			
(h)	erhöhte eff. Netzspannung — Leiter gegen Erde (im Störungsfall bei starr geerdetem Sternpunkt) kV	0.54	1,06	2.18	4.35	7,5	10,4	12.4	19,3	28,6	36,5	55	73	91,5	110	128	156	183	229	274
(i)	höchstzulässige eff. Verwendungsspannung d. A. (genormt) kV	1	1	3	6	9	12	12	20	30	37	60	73	97	109	133	157	183	230	277
(j)	Bg. des A. kV*)	6	6	18/11	33/23	48/34	63/46	63/46	94/77	142/115	176/143	286/230	348/282	371	420	515	605	705	885	1070
(k)	Ü. des P. über Bg. d. A. (q—j) kV*)	19	24	27/34	27/37	27/41	32/49	47/64	56/73	58/85	74/107	64/120	102/168	179	230	235	295	345	415	480
(l)	Ü. des P. über Bg. d. A. der nächst höheren Isolationsklasse [q — (j + 1)] kV*)	19	12/19	12/22	12/26	12/29	32/49	16/33	8/35	24/57	– 36/20	2/68	79	130	135	145	195	165	230	—
	Netze mit isoliertem oder geerdetem Sternpunkt — Parallelfunkenstrecke																			
(m)	3¼ fache eff. Sternspannung (von c ausgehend) kV	1,35	2,7	5,4	10.9	18,7	25,8	31,0	43,8	71,5	91,3	137	183	229	274	320	390	457	572	685
(n)	Schlagweite der Stabfunkenstrecke (die bei der unter m angegebenen Spannung überschlägt) cm	0,18	0,36	0,71	1,4	2,5	3,8	4.8	8,6	15,2	21.6	34,3	46	58,5	69,5	81	102	121	152	185
(o)	50% — Stoßüberschlagspannung der Funkenstrecke (neg. Stoßwelle 1|5) kV	4	7	13	25	37	50	58	92	145	195	300	400	500	600	690	870	1030	1300	1550
(p)	Ü. des P. über den SP. der Stabfunkenstrecke (q — t) kV	20	22	30	32	32	37	43	44	33	26	6	– 10	– 25	– 40	– 50	– 100	– 130	– 200	– 230
	Vergleich der P. mit den SP. der Ableiter und Parallelfunkenstrecken																			
(q)	P. (positive oder negative Vollwelle 1,5|40) kV	**25**	**30**	**45**	**60**	**75**	**95**	**110**	**150**	**200**	**250**	**350**	**450**	**550**	**650**	**750**	**900**	**1050**	**1300**	**1550**
(r)	SP. des A. = 1,1 Bg. + 25 (für isolierten Sternpunkt) aus (e) kV	32	35	45/36	61/50	95/76	112/88	128/110	155/130	233/195	287/236	408/335	433	534	641	741	883	1045	1301	1565
(s)	SP. des A. = 1,1 Bg. + 25 (für starr geerdeten Sternpunkt) aus (j) kV	32	32	45/36	61/50	78/62	95/76	95/76	128/110	181/152	219/182	340/278	408/335	433	487	592	691	801	999	1201
(t)	SP. der Stabfunkenstrecke = (o) + 15% (neg. Stoßwelle 1|5) kV	5	8	15	28	43	58	67	106	167	224	344	460	575	690	790	1000	1180	1500	1780

*) Wo zwei Zahlen angegeben sind, gilt die erste für die Verteilungs- oder Leitungstype der Ableiter, die zweite für die Stationstype. **) Spannung am Verwendungsort

im Netz zu erwartenden stationären Spannungserhöhung (system fault voltage) nicht überschritten werden darf. Für Netze mit isoliertem Sternpunkt ist die im Störungsfalle auftretende stationäre Spannungserhöhung (Zeile c) größer als in Netzen mit starr geerdetem Sternpunkt (Zeile h). Deshalb geschieht das Zuordnen im ersten Fall gemäß Zeile d der Tafel 2 und im letzteren Fall gemäß Zeile i.

Somit ergeben sich für jede Isolationsklasse zwei Begrenzungsspannungen (e und j), die in der Tafel getrennt aufgeführt sind. Wo zwei Zahlen angegeben sind, gilt die erste für die knapper bemessene Freileitungs- [9] bzw. Verteilungstype [10], die zweite für die reichlicher bemessene Stationstype [11] des Ableiters mit spannungsabhängigem Widerstandsblock.

Die normalen Begrenzungsspannungen (Zeile e und j) sind nun mit den Isolations-Grundpegeln (Zeile q) verglichen, und zwar ist in den Zeilen f und k der Überschuß des zu der betreffenden Isolationsklasse gehörigen Isolations-Grundpegels über die Begrenzungsspannung gebildet. Die Zeile g enthält den Überschuß des zur nächst höheren Klasse gehörigen Isolationspegels über die normale Begrenzungsspannung, die Zeile *l* den Überschuß des normalen Isolationspegels über die Begrenzungsspannung des Ableiters der nächst höheren Isolationsklasse. Diese Überschüsse werden als Sicherheitsüberschüsse (margins of protection, m. of insulation) bezeichnet, weil von ihrer Größe die Sicherheit abhängt, mit der das Schutzgerät den Pegel der Isolationsbemessung gegen Überschlag schützt. Sicherheitsüberschüsse in gewisser Höhe sind hauptsächlich deshalb erforderlich, um die räumliche Entfernung der zu schützenden Isolation vom Ableiter, die bekanntlich das Auftreten höherer Spannungen an der Isolation zur Folge hat [12], und außerdem die Herstellungstoleranzen des Ableiters zu berücksichtigen. Nach Sporn und Gross genügt erfahrungsgemäß ein Sicherheitsüberschuß von 10 % der Begrenzungsspannung des Ableiters mit einem unveränderlichen Zuschlag von 25 kV allen billigen Ansprüchen. Die um den genannten Sicherheitsüberschuß vermehrten Begrenzungsspannungen sind in den Zeilen r und s als normale Schutzpegel angegeben. In den Vergleich wurde auch eine Parallelfunkenstrecke mit einbezogen, deren Überschlagspannung, Sicherheitsüberschuß und zugehöriger geschützter Pegel auf Grund zweckentsprechender Annahmen ermittelt und in den Zeilen o, p und t angegeben wurde.

Durch Vergleich der Pegel und Sicherheitsüberschüsse gelangen Sporn und Gross zu folgendem Ergebnis:

1. Die Grundpegel sind insofern passend festgelegt, als sich beim Anwenden neuzeitlicher Ableiter unter allen praktischen Verhältnissen entsprechende Sicherheitsüberschüsse ergeben.

2. Die Stufung der Grundpegel gewährt durch Zahl und Abstand der Stufen eine ausreichende Freiheit in der Pegelwahl für eine bestimmte Anlage, so daß es bei freier — also an die Isolationsklasse nicht gebundener — Wahl des Pegels immer möglich ist, den gewünschten Sicherheitsüberschuß zu erzielen, ohne bei dieser Isolationsbemessung die Grenze der Wirtschaftlichkeit zu überschreiten.

Dabei ist bemerkenswert, daß in Anlagen mit geerdetem Sternpunkt der Sicherheitsüberschuß nach Tafel 2, Zeile k oft ein Vielfaches von dem Sicherheitsüberschuß in Anlagen mit isoliertem Sternpunkt (Zeile f) ist, z. B. in der Isolationsklasse 288 kV das Dreifache. Infolgedessen können in Anlagen mit starrer Sternpunkterdung ohne weiteres Ableiter der nächst höheren Nennspannung mit Sicherheitsüberschüssen nach Zeile l der Tafel 2 verwendet werden, wovon man vorteilhaften Gebrauch für Netze machen kann, die besonders hohe stationäre Spannungserhöhungen aufweisen, z. B. besonders ausgedehnte oder von Wasserkraftgeneratoren gespeiste

Netze. Anderseits ist oft die Isolierung von Anlagen mit starrer Sternpunkterdung nach dem nächst oder sogar zweitnächst niedrigeren Pegel zulässig, ohne noch den Sicherheitsüberschuß unzulässig zu verkleinern. So konnten z. B. im 138 kV-Netz der American Gas and Electric Service Corporation, New York, wo Sporn tätig ist, die Umspanner nach dem Pegel von 115 kV isoliert werden, und es wurde sogar eine Isolierung nach dem Pegel von 92 kV in Erwägung gezogen [13]. Nach Möglichkeit wird in Amerika der Ableiter mit dem Umspanner zusammengebaut und gemeinsam geprüft, weil dadurch außer niedriger Isolierung auch ein weitgehender Steilwellenschutz des Umspanners erreicht wird.

Im übrigen sind Sporn und Gross der Ansicht, daß das Wesen einer wirtschaftlichen Isolationsbemessung von Hochspannungsanlagen nicht in einem Angleichen des Stoßisoliervermögens der einzelnen Anlageteile, sondern in dessen richtigem Abstufen besteht, was in erster Linie von dem Verhältnis zwischen Isolationsgrundpegel und Schutzpegel der Anlage gilt, die deshalb in der vorstehenden Tafel 2 zusammengestellt wurden.

6. Uneinheitlichkeit der Stoßisolation von Anlagen trotz ihres Aufbaues nach dem Pegel

Die Betrachtung von Sporn und Gross wäre praktisch bedeutungsvoll, wenn das Stoßisoliervermögen aller Anlageteile genau auf den Pegelwert gebracht werden würde. Da der Pegel aber nur ein Mindestmaß des Stoßisoliervermögens angibt, das von dem wirklichen Stoßisoliervermögen der in der Praxis gebräuchlichen Geräte oft beträchtlich überschritten wird, so ist nach Ansicht des Berichters der Vergleich der Pegelwerte, wie ihn Sporn und Gross durchführen, praktisch von zweitrangigem Interesse. Es ist nämlich festzuhalten, daß diese Überschreitungen der Pegelwerte durch das Stoßisoliervermögen einzelner Geräte nicht bloß zufällig sind, sondern ihren Grund im Bemessen der Geräte für die betriebsfrequente Spannungsbeanspruchung haben, woraus erhebliche Abweichungen des Stoßisoliervermögens verschiedener Gerätegattungen unvermeidlich folgen. Beispielsweise war bisher für das Bemessen der Freiluftisolatoren die betriebsfrequente Regenüberschlagspannung und nicht die Stoßüberschlagspannung maßgebend.

J. H. Foot und J. R. North stellen daher ihre Betrachtungen [7] auf heutige listenmäßige Anlageteile der amerikanischen Hersteller ab. Es wird auf Bild 5 des Aufsatzes von W. Estorff [15] verwiesen, welches die in der Veröffentlichung von Foot und North angegebene theoretische Isolationsbemessung dreier „typischer" Hochspannungsstationen darstellt. Hierbei ist besonders zu beachten, daß die Auswahl der einzelnen Teile der Hochspannungsanlagen zwar auf dem Stoßpegel fußt, aber nicht auf dem der Anlagenennspannung von vornherein durch die Isolationsklasse fest zugeordneten Isolations-Grundpegel, sondern auf einem Pegel, der dem Schutzvermögen des Ableiters für die betreffende Anlage entspricht. Der Vorgang bei der Bemessung der Stoßisolation ist somit derselbe, wie er vorstehend nach Ph. Sporn und I. W. Gross geschildert wurde, nur benutzen Foot und North den Schutzpegel dazu, um aus den heute gebräuchlichen listenmäßigen Anlageteilen ohne Rücksicht auf die Isolationsklasse die Anlageteile auszuwählen, die hinsichtlich ihres Stoßisoliervermögens mindestens dem Schutzpegel entsprechen. Die graphische Auswertung in Bild 5 des Aufsatzes von W. Estorff zeigt, wie wenig einheitlich das Stoßisoliervermögen solcher Anlagen aussieht. In allen Fällen mußten nämlich die listenmäßigen Anlageteile für eine Station zwei oder mehr Isolationsklassen — oder wie man bei uns sagen würde zwei oder mehr Spannungsreihen — entnommen werden, wenn die obige Forderung hinsichtlich des Stoßisoliervermögens erfüllt sein sollte. Bei dieser Sachlage kommen Foot und North zu dem Schluß, daß für die Isolationsbemessung offenbar nicht nur die Stoßspannungsbeanspruchung maßgebend sein kann. Auch den im Netze auftretenden niederfrequenten Spannungen sowie dem entsprechenden Isoliervermögen der Anlageteile bei Regen, Nebel, Schmutzansatz u. a. kommt große Bedeutung zu.

Allerdings ist zu beachten, daß von Foot und North in ein und derselben Station auch zwei verschiedene Isolationspegel gewählt wurden. Beispielsweise wird bei der 4160 V-Unterstation ein Stoßisolationspegel von 60 kV für Sammelschienen, Schalter, Umspanner, also für solche Teile vorgeschlagen, deren Ausfall die ganze Station außer Betrieb setzen würde, und ein Pegel von 45 kV für die weniger wichtigen Teile. Bei der 138 kV-Unterstation wird für die ankommenden Leitungen der Pegel von 650 kV, für die Sammelschienen und Umspanner dagegen der Pegel von 550 kV gewählt, weil auf der erstgenannten Seite der Station bei Erdschlüssen größere Spannungserhöhungen auftreten können und daher ein höherer Schutzpegel gewählt werden muß als auf der letztgenannten Seite. Im allgemeinen kann der Isolations-Grundpegel, der in einer Anlage für gewisse mit dem Ableiter eng verbundene Teile, z. B. Umspanner, erforderlich ist, niedriger gewählt werden als für andere nicht in demselben Grad geschützte Teile derselben Station, z. B. die Eingangstrennschalter oder die an den ankommenden Leitungen liegenden Spannungswandler.

Zusammenfassung

Der obige Bericht läßt erkennen, daß die Frage der Isolationsbemessung sich in den V. S. Amerika noch im Fluß befindet. Daher ist auch der Sinn des im amerikanischen Fachschrifttum viel gebrauchten Ausdruckes „Coordination of insulation" nicht eindeutig. Er wurde früher im Sinne von „gleichgroß machen" verwendet, bedeutet heute aber soviel wie „planmäßig verschieden groß machen" oder „abstufen". Bemerkenswert ist, daß man in Amerika der Isolationsbemessung das Verhalten gegenüber Gewitterbeanspruchungen, wie sie die genormte Stoßwelle darstellt, zugrunde gelegt hat. In Deutschland scheint sich dagegen die Erkenntnis Bahn zu brechen, daß die Isolationsbemessung durch die inneren Überspannungen der Anlage bestimmt ist.

Aus dem Schrifttum

[1] C. A. Powel u. Ph. Sporn, Basic Impulse Insulation Levels. Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 596.

[2] Ph. Sporn, Rationalization of Transmission System Insulation Strength AIEE-Trans. 47 (1928) S. 998.

[3] Basic Impulse Insulation Levels, a report of EEI-NEMA Joint Committee on System Insulation Coordination. Electr. Engng. 56 (1937) S. 711.

[4] C. A. Powel, Insulation Coordination for System Protection. Electr. Light Power 16 (Juni 1938) S. 67.

[5] I. E. Clem u. A. C. Monteith, Insulation Strength of Transformers. a Report of the Transformer Subcommittee of the AIEE Committee on electrical Machinery. Electr. Engng. 56 (1937) S. 749.

[6] Recommendations for High-Voltage Testing. EEI-NEMA Subcommittee Report. Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 598.

[7] J. H. Foot und J. R. North, The Coordination of electrical equipment with Basic Insulation Levels. Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 585.

[8] Ph. Sporn u. I. W. Gross, Rationalization of System Insulation — III. Margins between Basic Insulation Levels and Protectable Levels. Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 591.

[9] Line-Type Lightning Arrester Performance Data, AIEE Committee on Protective Devices. Electr. Engng. 57 (1938) Transactions S. 661.

[10] Distribution Lightning-Arrester Performance Data, AIEE Committee on Protective Devices. Electr. Engng. 56 (1937) S. 576.

[11] Station-Type Lightning-Arrester Performance Characteristics AIEE Committee on Protective Devices. Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 347.

[12] L. V. Bewley, Traveling Waves on Transmission Systems. New York (1933), John Wiley and Sons.

[13] Ph. Sporn und I. W. Gross, Insulation Coordination. Electr. Engng. 56 (1937) S. 715.

[14] Insulation Coordination. Electr. Wld., N. Y. 113 (1940) S. 49.

[15] W. Estorff, Neue Wege in der Auswahl der Isolation auf Grund der Beanspruchung im Betriebe. ETZ 62 (1941) H. 15, S. 367.

RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.315.687.2

Neuartige Kabel-Klemmverbinder.

Die bekannten Schwierigkeiten beim Verbinden von Aluminiumkabeln untereinander oder mit Cu-Kabeln haben bereits viele Vorschläge für Verbinder veranlaßt. Die große Zahl der auf diesem Gebiet bisher bekanntgewordenen Konstruktionen darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, daß nur wenige bisher eine brauchbare Lösung darstellen. Ein neuer Verbinder für Al-Leitungen oder zum Verbinden von Al- mit Cu-Leitungen sucht die Nachteile einer großen Zahl der bisherigen Konstruktionen zu vermeiden und mit einfachen Einzelteilen eine zuverlässige und dauerhafte, gute Verbindung zu erreichen. Dieser Kabel-Klemmverbinder, KK-Verbinder genannt, besteht nur aus zwei Einzelteilen, nämlich aus einer zweigeteilten Klemmhülse *a* bzw. *b* und zwei gleichartigen offenen Federringen *c* (Bild 1). Die Federringe werden von beiden Seiten auf die

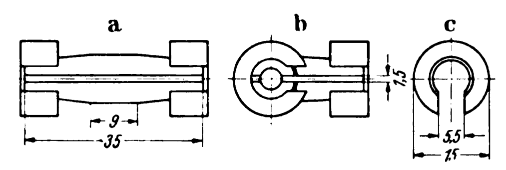


Bild 1. Neuartiger Kabel-Klemmverbinder.

Klemmhülsen aufgeschoben und geben durch ihre federnde Pressung einen zuverlässigen Kontakt zwischen den in die Klemmhülse eingeführten Leiteradern. Die flache Steigung der Außenseite der Klemmhülse ist so gewählt, daß die Federringe zuverlässig festsitzen; trotzdem wird eine genügend starke Ausweitung der Federringe erreicht, um ein etwaiges Ausweichen des weichen Leiterwerkstoffes in den Klemmhülsen auszugleichen.

Das Anbringen dieser KK-Verbinder ist einfach. Die sauberen und mit Vaseline leicht eingefetteten Enden der zu verbindenden Leiter werden in die Klemmhülse eingeführt und von den Leitern aus die Federringe mit einem Spannkloben fest auf den Konus der Hülse gepreßt, bis der Spalt der Federringe sich mindestens um 0,50 bis 1,00 mm erweitert. Zum Entfernen brauchen nur die Federringe abgestreift zu werden, worauf die Klemmhülse beide Leiter freigibt. Ein besonderer Vorteil des KK-Verbinders besteht darin, daß für die gängigen Kabelstärken von 4 mm² Einzelleiter bis 50 mm² Leiterseil nur zwei Verbindergrößen erforderlich sind, wobei nur die Bohrungen den Kabelleitern entsprechen müssen. Der Klemmverbinder wird in der einfachen geraden Ausführung hergestellt, wie sie Bild 1 zeigt, aber auch für Abzweigungen als Dreileiter-Verbinder. Auch schwächere Abzweigungen können durch Einlegen eines Zwischenstückes in die Hülse leicht hergestellt werden.

W. Schulze

DK 621.315.668.1 : 621.3.015.33

Zusätzliche Freileitungsisolation gegen Stoßspannungen durch Holz. [Nach J. T. Lusignan und C. J. Miller, Electr. Engng. 59 (1940) S. 534; 7 S., 17 B.]

Zur ausreichenden Isolation der Betriebspannung tragen Holzmasten und hölzerne Mastteile im allgemeinen nichts Wesentliches bei, so daß bei Verwendung von Holzmasten die Größe der auf sie aufgebrachten Stützenisolatoren oder die Zahl der Glieder der Isolatorenketten nicht verringert werden kann. Dagegen hat es sich durch Versuche erwiesen, daß zweckentsprechend bemessene und behandelte Holzmasten gegen Stoßspannungen atmosphärischen Ursprunges u. dgl. eine nicht unbeträchtliche zusätzliche Isolation bieten, die zu der durch die Isolatoren bewirkten hinzutritt. Die Stoßüberschlagspannung verringert sich allerdings mit dem Querschnitt, doch haben Untersuchungen hierüber ergeben, daß dies gegenüber anderen Einflüssen nur von untergeordneter Bedeutung ist. Wesentlich ist die unterschiedliche Verteilung des Holzquerschnittes in einheitlichen und mehrteiligen Querarmen gleichen Gesamtquerschnittes. Ein Vorteil des z. B. in zwei Planken aufgeteilten Querschnittes ist, daß bei Beschädigung der einen Planke durch einen Blitzschlag die andere in der Regel heil bleibt und die Leitung noch tragen kann. Unterschiedlich starke und in verschiedener Weise ausgeführte Tränkung des Holzes, z. B. durch Kreosot, hat keinen merkbaren Einfluß auf die Stoßspannungsfestigkeit. Feuchtigkeit im Holz infolge eindringenden Regens setzt die Stoßüberschlagspannung auf 65 bis 70% des Trockenüberschlagwertes herab, und zwar tritt diese Minderung bereits wenige Minuten nach dem Einsatz der Beregnung ein, worauf dann keine nennenswerten Änderungen der Stoßüberschlagspannung mehr auftreten. Der Feuchtigkeitsgehalt trockenen Holzes liegt bei etwa 15%. Unter Einwirkung der elektrischen Beanspruchung kann elektrolytische Leitung im Innern feuchten Holzes eintreten, die ihrerseits das elektrische Feld des Holzmastes und damit seine Stoßüberschlagspannung ungünstig beeinflußt. Bis zu welchem Grade dies der Fall ist, hängt von der Holzart und seinem Zellengefüge ab. Auch hat die Dauer der elektrischen Stoßbeanspruchung insofern einen Einfluß, als sehr kurze Stoßwellen eine geringere Minderung der Überschlagspannung verursachen. Frisches Holz mit einem Feuchtigkeitsgehalt von etwa 33% sollte zweckmäßigerweise künstlich vorgetrocknet werden, ehe es im Freileitungsbau verwendet wird. Anderseits nimmt seine Isolationsfähigkeit allmählich in dem Maße zu, als sich sein Feuchtigkeitsgehalt von selbst bis zu dem der umgebenden Luft durch Austrocknen verringert. Die Stoßüberschlagspannungen des Holzes können an Schaulinien, die auf versuchsmäßiger Grundlage zu gewinnen sind, abgeschätzt werden. An besonders gefährdeten Stellen läßt sich das Holz vor der Zersplitterung durch Blitzüberschläge mit angebrachten Hörnerfunkenstrecken schützen. *O. N.*

Elektrische Maschinen

DK 621.313.17

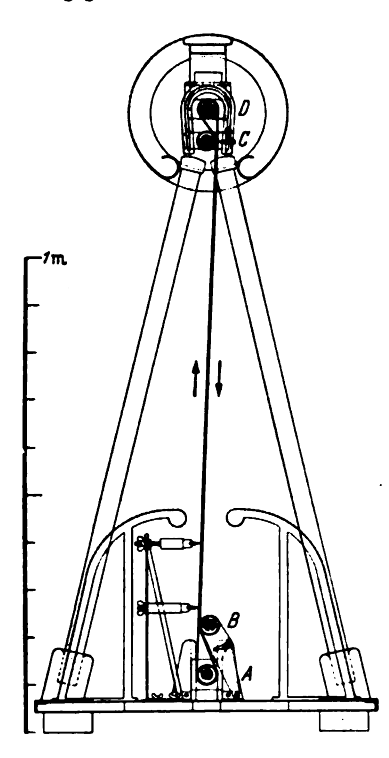
Selbsterregter Synchrongenerator mit selbständiger Spannungsregelung. [Nach Movsik u. Kiparisov, Vestn. Elektr.-Promischl. 11 (1940) H. 7, S. 51; 2½ S., 5 B.]

Zur Stromversorgung bei verschiedenen Ausbesserungs- und Bauarbeiten wurde ein tragbarer Synchrongenerator von 9 kVA bei 1500 U/min entwickelt. Der Generator ist eine Außenpolmaschine mit umlaufendem Anker und Schleifringen. Zwecks Verminderung des Gewichtes wurde auf die Aufstellung einer Erregermaschine verzichtet und der erforderliche Gleichstrom einer in denselben Nuten untergebrachten Gleichstromwicklung entnommen. Solche selbsterregten Synchrongeneratoren zeigen aber infolge der belastungsabhängigen Erregerspannung starke Spannungsschwankungen bei wechselnder Belastung. Diese Schwankungen können mit der Handregelung nicht ausreichend beherrscht werden. Bei diesen Maschinen besteht jedoch die Möglichkeit, unter Benutzung des Ankerquerfeldes und ohne Hilfsgeräte eine selbständige Spannungsregelung zu erhalten. Man verschiebt dazu die Bürsten, die den Gleichstrom abnehmen, aus der neutralen Zone. Dadurch erhält die Gleichstromwicklung eine Verkettung mit dem Ankerquerfeld, und ihre Spannung wird entsprechend der Größe des letzteren erhöht. Durch entsprechende Verschiebung kann selbst eine mit der Belastung zunehmende Erregerspannung erhalten werden, so daß die Maschine selbständig die für Vollast erforderliche höhere Erregerspannung einstellt. Die richtige Bürstenverschiebung findet man durch einen Versuch. Da die Größe des Ankerquerfeldes sowohl von dem Belastungsstrom als auch von dem Leistungsfaktor abhängig ist, ist für jeden neuen Wert des Leistungsfaktors allgemein eine andere Bürstenverschiebung erforderlich. Dieser große Nachteil wurde jedoch durch die Versuche nicht im vollen Maße bestätigt; praktisch konnte man mit einer Verschiebung für alle in Betracht kommenden Belastungen noch gut auskommen. So zeigte bei Einstellung im Leerlauf auf 230 V die Vollastspannung bei $\cos\varphi = 1$ $U_N = 236$ V, bei $\cos\varphi = 0{,}9$ $U_N = 224$ V, bei $\cos\varphi = 0{,}86$ $U_N = 220$ V und bei $\cos\varphi = 0{,}76$ $U_N = 215$ V. Die Funkenbildung bleibt bei allen diesen Versuchen noch in zulässigen Grenzen. *Sky.*

DK 621.319.35

Erregungs- und Transportvorgänge an einer selbsterregenden van de Graaff-Maschine. [Nach F. Heise, Z. Phys. 116 (1940) S. 317; 23 S., 13 B.]

F. Heise hat eine van de Graaff-Maschine[1]) offener Bauart konstruiert, die für Vorlesungszwecke soweit wie möglich durchsichtig gemacht ist und für weitere Untersuchungen möglichst große Variationsmöglichkeiten und Zugänglichkeit aller Teile bietet. Bild 2 zeigt einen Schnitt. Die untere Rolle A dient als Treibrolle, die obere D als Laufrolle. Um dem Idealfall eines Kondensators mit festem Dielektrikum und gegen einander gleitenden Platten möglichst nahe zu kommen, werden die Bandhälften durch zwei Druckrollen B und C unten und oben zusammengeführt. Das Band besteht aus zusammenvulkanisierten Bändern aus Plattengummi von 1 mm Stärke. Versuche mit



A Laufrolle
B, C Druckrollen,
D Laufrolle

Bild 2. Schnitt der Bandmaschine.

Mipolamfolien zeigen Umpolungserscheinungen, die auf eine offenbar von der Fabrikation herrührende dauernde innere Polarisation zurückzuführen sind.

Die Vorgänge bei der Selbsterregung werden durch Probekörper untersucht, die durch Influenz aufgeladen werden. Bild 3 zeigt die einzelnen Phasen für den Fall, daß die Rollen A, B, D aus Metall, C aus Glas bestehen. Wird die durch ein Radiumpräparat vollständig entladene Maschine in Bewegung gesetzt, so lädt sich zunächst das Band an jeder der vier Rollen schwach negativ, da sowohl Metall wie Glas gegen Gummi positiv werden (Zustand a). Die positiven Ladungen fließen vom Metall zur Erde bzw. zum Hochspannungskörper ab. Nur auf der Glasrolle C, die als Erregerrolle arbeitet, können sie sich ansammeln und erreichen nach etwa einem Bandumlauf eine solche Stärke, daß von dem gegenüberstehenden Spitzenkamm starke negative Ladungen auf das abwärtslaufende Band ausgesprüht werden (Zustand b). Einen halben Umlauf später ist das stark negativ geladene Bandstück unter dem Spitzenkamm gegenüber angekommen und bewirkt dort durch Influenz ein Besprühen des auflaufenden Bandes mit positiver Ladung (Zustand c). Die positive Ladung wird aufwärts befördert und unterstützt die Erregerrolle in ihrer Saugwirkung auf den Kamm. Im Endzustand d ist stets das von der Erregerseite weglaufende Band höher geladen als das hinlaufende, da das influenzierende Feld unten schwächer ist als oben. Dies rührt daher, daß ein Teil der Ladung des absteigenden Bandes vom unteren Spitzenkamm an zur Rolle B sprüht. Die Aufladung des Aufwärtsbandes wird dadurch beeinträchtigt. Es ist daher zweckmäßig, einen zweiten Spitzenkamm weiter oben anzubringen (Bild 1), der das Feld der dort noch vollständigen Überschußladung des Abwärtsbandes ausnutzt, um die Beladung des aufsteigenden vollständiger zu machen.

Wesentlich ist, daß durch die Stellung der Spitzenkämme die Beladung des Bandes erst an einer Stelle erfolgt, wo die Bandhälften einander schon berühren. Dadurch wird die hohe Belegungsdichte von 11 bis 12,5 CGS/cm² gegenüber 4 bis 5 bei Maschinen üblicher Bauart erreicht. Auf kurze Transportstrecken wurden bis zu 20 CGS/cm² gemessen. Die theoretische Höchstgrenze beträgt nach van de Graaff 8 CGS/cm², wenn das erregte Band durch Luft laufen muß. Wenn man beide Druckrollen als gut isolierte Metallrollen ausführt, so erhält man eine Maschine, die sich mit wenigen Handgriffen auf ein gewünschtes Vorzeichen einstellen läßt. Man braucht nur auf der Seite, die positiv werden soll, die Rolle zu isolieren und den Spitzenkamm auf gleiche Höhe einzustellen. Auf der andern Seite wird die Metallrolle leitend mit der Achse verbunden und der Spitzenkamm um einige cm nach innen versetzt. Für die Hochspannungselektrode sind Drahtnetze ein sehr brauchbares Bauelement. Die Schlagweite ist gegenüber der an glatten Zylindern beobachteten nur um etwa die doppelte Maschenweite vergrößert. Der schwächste Punkt der Bandmaschinen ist die Gefahr des Übersprühens vom Hochspannungskörper auf das Abwärtsband. Er läßt sich bei einer Maschine mit festem Vorzeichen vermeiden, wenn die Selbsterregung nicht auf die Hochspannungsseite, sondern auf die Erdseite verlegt wird. *Br.*

[1]) ETZ 54 (1933) S. 1146. — ETZ 55 (1934) S. 911. — ETZ 58 (1937) S. 665. — ETZ 59 (1938) S. 1039. — ETZ 60 (1939) S. 174, 175, 573. — ETZ 61 (1940) S. 680.

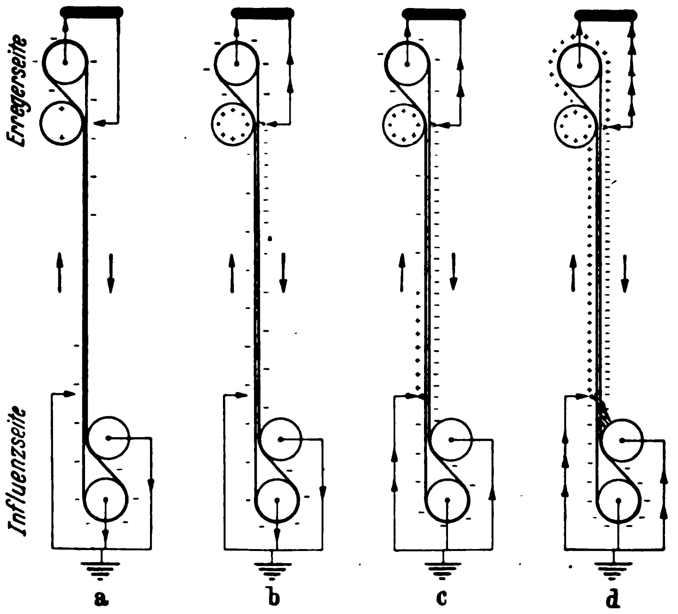


Bild 3. Vorgang der Selbsterregung in vier Phasen.

Geräte und Stromrichter

DK 621.314.66

Hochdrucklichtbogen-Stromrichter. [Nach W. Butkewitsch, Bull. WEI (1940) Nr. 1, S. 23; 5½ S., 9 B.]

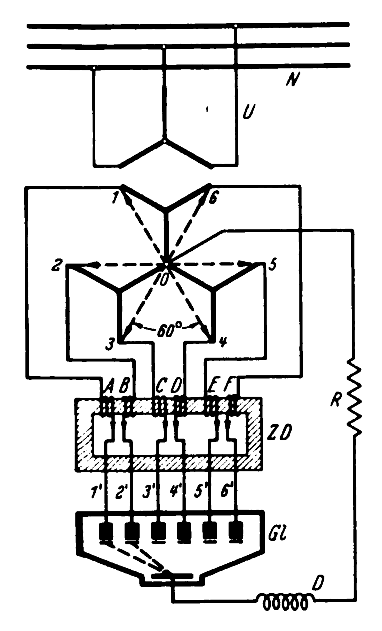
Ein im Jahre 1938 für 250 kV Sperrspannung und 200 A Gleichstrom erbauter dreiphasiger Lichtbogenstromrichter wurde mit Hilfe einer Kunstschaltung nach Marx[1]) geprüft; dabei wurden Spannungen bis 50 kV, Stromstärken bis 150 A Scheitelwert und Gasdrücke zwischen den Elektroden bis 2,5 ata benutzt. Die Untersuchungen erstreckten sich auf die Lichtbogenbrenndauer, den Zündverzug zwischen Hilfs- und Hauptlichtbogen, die Brennspannung und den Elektrodenverschleiß. Die Blasgeschwindigkeit ist zu 50 bis 75 m/s angegeben. Die Brennspannung beträgt etwa 120 V bei Strömen über 100 A. Der Verschleiß an Elektrodenwerkstoff war beim Silber erheblich geringer als beim Kupfer. Zur gänzlichen Vermeidung des Verschleißes wurden Versuche mit durch eine Umlaufpumpe unterhaltenen freien Quecksilberstrahlen angestellt. Die notwendige Isolation der Strahlen gegen Erde konnte durch freien Tropfenfall (Quecksilberregen genannt) an zwei Stellen des Umlaufkreises erreicht werden. Als Arbeitsgas bewährte sich Argon am besten, insbesondere mit einem Wasserstoffzusatz zum Erhöhen der Durchschlagsfestigkeit und zum Blankhalten der Elektrodenoberflächen. Die Versuche werden fortgesetzt. *v. I.*

DK 621.314.57/.58

Zwischenphasendrosseln bei Stromrichtern mit Gabelschaltung. [Nach R. Savagnone, Elettrotecnica 27 (1940) S. 402; 8 S., 17 B.]

Von den beiden gebräuchlichen Sechsphasenschaltungen für Stromrichterumspanner F 2 und F 3 bzw. G 2 und G 3 (siehe VDE 0555/1936 § 14) bietet bekanntlich die Saugdrosselschaltung den Vorteil günstigerer Beanspruchung von Um-

[1]) ETZ 57 (1936) S. 583.



D Glättungsdrossel
Gl Gleichrichter, 1', 2' ··· 6' Anodenklemmen
N Drehstromnetz
R Belastung
U Umspanner in Gabelschaltung; 1, 2 ··· 6 Sekundärklemmen
ZD Zwischenphasendrossel mit den Wicklungen *A, B, C, D, E, F*

Bild 4. Gabelschaltung mit Zwischenphasendrossel.

spanner und Stromrichtgefäß. Bei der Gabelschaltung läßt sich im Nullpunkt eine Saugdrossel nicht anbringen. Dagegen kann man in die Anodenleitungen eine Zwischenphasendrossel *ZD* einschalten. Diese Drossel (Bild 4) trägt auf einem gemeinsamen Kern 6 Wicklungen für die sekundären Phasenströme. Die Spulen von Phase 1, 3 und 5 haben entgegengesetzten Wicklungssinn wie die der Phasen 2, 4 und 6; der Kern führt also einen Wechselfluß von 150 Hz.

Der Verfasser untersucht die Wirkungsweise dieser Schaltung an einem kleinen Laboratoriums-Gleichrichter. Aus den Oszillogrammen der Anoden-, Phasen- und Primärströme bei Betrieb ohne und mit Zwischenphasendrossel wird abgeleitet, daß durch diese Drossel

1. sich die Brenndauer einer Anode von 60 auf 120° verlängert,
2. die Stromdauer im inneren Wicklungsstern der Sekundärseite des Umspanners 180° statt 120° beträgt,
3. stets gleichzeitig zwei Anoden brennen, der Anodenstrom also bei gleicher Last nur halb so hoch ist,
4. der Stromrichter gewissermaßen mit zwei Dreiphasensystemen arbeitet, die gegeneinander um 60° versetzt sind und getrennt kommutieren. Man kann sich hierfür die Gabelschaltung in zwei dreiphasige Zickzack-Wicklungen zerlegt denken.

Die Rolle der Saugdrossel wird hier also voll von der Zwischenphasendrossel übernommen. Auch die Umformung der Anodenspannung ist natürlich die gleiche. Die Drossel liefert eine dreieckförmige Zusatzspannung dreifacher Netzfrequenz, deren Augenblickswert gleich der halben Differenz der Phasenspannungen benachbarter Anoden ist. Die Magnetisierung der Zwischenphasendrossel wird durch den Ausgleichstrom zwischen benachbarten Phasen aufgebracht. Dieser Strom schließt sich über die Lichtbögen der zugehörigen Anoden. Daher ist eine bestimmte Gleichstrommindestlast notwendig, damit die Zwischenphasendrossel voll in Wirkung treten kann. Man kann diesen kritischen Strom auf 1 bis 2% des Vollaststromes begrenzen. Die Belastungskennlinie verläuft wie bei der F 2-Schaltung, d. h. oberhalb des kritischen Stromes liegt die Gleichspannung um 15,4% niedriger als bei reiner Gabelschaltung. Durch induktive Belastung einer Hilfswicklung auf der Drossel kann man die Kennlinie des Gleichrichters in begrenztem Bereich regeln. Die Berechnung der sekundären und primären Phasenströme liefert dieselben Effektivwerte wie bei der Saugdrosselschaltung. Wie Tafel 1 zeigt, bleibt aber die sekundäre Scheinleistung infolge des ungünstigeren Wicklungsaufbaues bei der Gabelschaltung mit Zwischenphasendrossel höher. Daher ist auch die mittlere Scheinleistung des Umspanners um rd. 5% größer. Die Drossel selbst wird in ähnlicher Weise berechnet wie eine Saugdrossel. Nach der Kurve des Primärstromes gehört die beschriebene Schaltung in die Schaltgruppe G. [Vgl. auch Brief in Elettrotecnica 28 (1941) S. 42; 2 S., 1 B.] *Dr. Az.*

Tafel 1. Vergleich der Sechsphasenschaltungen für Stromrichter.

	Saugdrosselschaltung F 2	Gabelschaltung F 3	Gabelschaltung mit Zwischenphasendrossel
primäre Scheinleistung	1,046 N_{gl}	1,046 N_{gl}	1,046 N_{gl}
sekundäre Scheinleistung	1,48 „	1,79 „	1,59 „
Typenleistung des Umspanners	1,26 „	1,42 „	1,32 „
Effektivwert des Anodenstroms	0,289 I_{gl}	0,408 I_{gl}	0,289 I_{gl}

N_{gl} Gleichstromleistung I_{gl} Gleichstrom

DK 621.316.923.1

Eine neue strombegrenzende Sicherung. [Nach H. L. Rawlins, A. P. Strom u. H. W. Graybill, Electr. Engng. 60 (1941) Transactions S. 77; 3 ½ S., 8 B.]

Die ersten strombegrenzenden Sicherungen entstanden vor etwa 15 Jahren in Deutschland, als man das Abschaltvermögen den größer gewordenen Kraftwerksleistungen anpassen mußte. Dabei war die Strombegrenzung ein sozusagen zufälliges Ergebnis. Unmittelbar nach ihrem Erscheinen wurden diese Sicherungen auch in den V. S. Amerika untersucht und als gut befunden, aber nicht gebaut, weil angeblich der Bereich der damals möglichen Nennstromstärken für einen geschäftlichen Erfolg nicht ausreichend schien. Erst vor zwei Jahren, nachdem die schnellschaltenden Sicherungen in Europa ein wichtiges und weit verbreitetes Schaltelement geworden waren, begann man auch in Amerika, solche Sicherungen in der europäischen Bauform herzustellen. Von dieser weicht die beschriebene Sicherung in vieler Beziehung ab: Sie verwendet einen Vorwiderstand und benutzt Teile aus Überspannungsschutzgeräten, um das Entstehen gefährlicher Überspannungen beim Schnellabschalten zu vermeiden. Der spannungsabhängige Widerstand liegt parallel zu dem schnellschaltenden Sicherungsdraht. Der Strom durch den Widerstand wird am Schluß der Abschaltung durch eine besondere Auspuffsicherung mit Borsäureauskleidung unterbrochen. Der schnellschaltende Sicherungsdraht ist nicht in ein körniges Löschmittel eingebettet, wie es in Europa allgemein üblich ist und neuerdings auch in den V. S. Amerika gemacht wird, sondern ist in einen schraubenförmigen engen Kanal zwischen zwei ineinander geschraubten Rohren aus gasabgebendem Stoff (Fiber) gelegt. Im inneren Rohr hat der Widerstand Platz. Die theoretische Untersuchung ergibt zunächst die bekannte Tatsache, daß die Schmelzstromspitze nur mit der dritten Wurzel aus dem Stoßkurzschlußstrom ansteigt; das bedeutet, daß auch in Netzen mit großen Kurzschlußleistungen der größte auftretende Strom nur wenig größer ist als in den üblichen Verteilungsstationen. Weiter ist die Grenze für die Schaltüberspannung durch das Produkt aus der Schmelzstromspitze und dem Parallelwiderstand festgelegt. Der höchste auftretende Spannungswert kann also vorausberechnet werden. Oszillogramme, darunter ein Kathodenstrahloszillogramm, bestätigen die theoretischen Überlegungen. Das Anwendungsgebiet der neuen Sicherungen soll der Schutz von Spannungswandlern und anderen Geräten mit kleinem Verbrauch sein. Für gekapselte Schaltgeräte sollen die Sicherungen besonders geeignet sein. Als Vorteil wird angegeben, daß die Abschmelzkennlinien leichter einem bestimmten Verwendungszweck der Sicherungen als bei den Sicherungen mit körnigem Löschmittel angepaßt werden können. Aus der Beschreibung ist jedoch nicht ersichtlich, wie dies möglich sein soll. Weiter ist mit Sicherheit vorauszusagen, daß der Nennstromstärkenbereich der beschriebenen Sicherung begrenzter ist als der Bereich der Sicherung mit körnigem Löschmittel. Die neue amerikanische Konstruktion, die neben die bekannten schnellschaltenden Sicherungen tritt, ist aus dem Bestreben zu verstehen, die Schaltüberspannung einwandfrei zu begrenzen. *Lpl.*

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.755

Elektrotechnische Probleme beim Bau von Hochleistungsoszillographen. [Nach H. Ganswindt, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 6, S. 337; 7 S., 14 B.]

Es werden spezielle Fragen der Oszillographie schnellster Vorgänge behandelt, deren schaltungstechnische Lösung zu einem (mit abgeschmolzener Braunscher Röhre arbeitenden) Hochleistungsoszillographen führt. Bei diesem arbeitet der Zeitkreis symmetrisch und zeitlinear und gestattet die Einstellung von Ablenkzeiten (das sind die Zeiten, in denen der Bildpunkt den Leuchtschirm überschreibt) bis herunter zu 10^{-7} s (in Sonderfällen sogar bis zu $3 \cdot 10^{-8}$ s). Der Hellsteuerkreis, der den Elektronenstrahl für die Dauer der Aufnahme frei gibt, wurde auf das Kathodenpotential der Braunschen Röhre gelegt; der Vorteil dieser Anordnung ist, daß die Anodenspannung nun nicht mehr völlig geglättet zu werden braucht, was wesentlich zur Vereinfachung des Gerätes beiträgt. Die Verzögerungszeit

(die Zeit vom Beginn des Meßvorganges bis zum Beginn der Zeitablenkung und Wehneltzylindersteuerung) konnte durch Verwendung von Gasentladungsgefäßen auf 10^{-7} s herabgedrückt werden. Unter den mitgeteilten Oszillogrammen, die die Brauchbarkeit des neuen Geräts für die Hochspannungs- und Ultrakurzwellenmeßtechnik anschaulich machen, befindet sich u. a. die Aufnahme einer Frequenz von 300 MHz, die die oben erwähnte Zeitauflösung demonstriert und auch an den Stellen maximaler Schreibgeschwindigkeit von 50 000 km/s eine durchaus auswertbare Schwärzung aufweist.

DK 621.317.351.029.63

Dezimeterwellen-Oszillographie. [Nach H. Ganswindt u. H. Pieplow, Z. Hochfrequenztechn. 57 (1941) S. 114; 3 S., 9 B.]

Die Arbeit berichtet über eine Lösung des durch die weiterschreitende Ausbreitung der Ultrakurzwellentechnik wichtig werdenden Problems der meßtechnischen Oszillographie derart schneller Vorgänge. Da es sich bei solchen Untersuchungen zumeist um periodische Vorgänge handelt, ist es zunächst naheliegend, diese in der sonst in der Kathodenstrahloszillographie üblichen Art, also mittels synchroner Kippschwingungen, als stehendes Bild auf dem Schirm einer Braunschen Röhre zu betrachten. Dieses Verfahren ist jedoch selbst dann nicht ausführbar, wenn es gelänge, genügend schnelle Kippschwingungen herzustellen, da sich Meßspannungen von mehr als 100 MHz nicht mehr brauchbar synchronisieren lassen, weil bei diesen Frequenzen die Meßspannungen selbst nicht mehr frequenzkonstant genug sind. Die einzigen bisher zum Untersuchen derart schneller Schwingungen geeigneten Verfahren waren die des Inversionsspektrographen und der ultradynamischen Lissajous-Figuren. Beiden Verfahren ist der Mangel gemeinsam, keine direkten Aufnahmen der Vorgänge zu liefern und zum Auswerten umfangreicher graphischer Auswertung zu bedürfen.

Als letzter Weg bleibt schließlich die photographische Schirmbildaufnahme der als einmaliger Vorgang geschriebenen Meßspannung. Dieses Verfahren stellt jedoch besonders hohe Anforderungen an die verwendeten Braunschen Röhren. So ergeben sich bei der Aufnahme einer Schwingung von 10^6 Hz auf dem Leuchtschirm bei nur 10 mm Amplitude in den Nulldurchgängen Geschwindigkeiten von mehr als 60 000 km/s. Diese Geschwindigkeiten liegen bereits jenseits der Leistungsfähigkeit handelsüblicher Kaltstrahloszillographen. Gewöhnliche Braunsche Röhren bleiben um Größenordnungen darunter. Der Aufbau eines Oszillographengerätes für derart hohe Geschwindigkeiten wurde daher überhaupt erst durch die Entwicklung einer entsprechend leistungsfähigen Hochleistungsröhre möglich.

Zum Aufbau des Oszillographen wurde eine von Katz und Westendorf angegebene Röhre verwendet. Diese gestattet, bei Anodenspannungen von 20 kV Schreibgeschwindigkeiten von 50 000 km sicher zu registrieren. Da allerdings die Ablenkempfindlichkeit der Röhre bei 10^9 Hz bereits einen beträchtlichen Abfall zeigt, werden mehrwellige Vorgänge in diesem Frequenzbereich mehr oder weniger verzerrt wiedergegeben. In der Mehrzahl der Fälle wird aber dadurch das praktische Auswerten der Oszillogramme nicht behindert werden. Die zur Zeitablenkung dienende Spannung muß einerseits, um das Auswerten der Oszillogramme nicht zu erschweren, möglichst zeitlinear und anderseits zwecks optimaler Ausnutzung der Braunschen Röhre erdsymmetrisch sein. Das gleichzeitige Erfüllen dieser beiden Forderungen ist bei derart hohen Frequenzen nicht mehr ganz einfach, denn die Forderung nach Erdsymmetrie bedingt, daß mindestens eine der zum Erzielen der zeitlinearen Ablenkspannung erforderlichen Verstärkerröhren kein festes Kathodenpotential gegen Erde hat. Die hierdurch bedingte Ballastkapazität erreicht leicht derartige Werte, daß die Änderung der Zeitablenkspannung erschwert wird. Ein Zahlenbeispiel ergibt, daß zum Auflösen eines Vorganges von 10^9 Hz, wenn dieser am Schirm mit einer Wellenlänge von 5 mm geschrieben werden soll, bei einer Röhrenablenkempfindlichkeit von 0,05 mm/V eine Änderungsgeschwindigkeit von 100 kV/µs erforderlich ist. Das bedingt bei 100 pF Gesamtkreiskapazität Entladeströme des Zeitkreiskondensators in der Größenordnung von 10 A. Bild 5 stellt den auf Grund dieser Überlegungen aufgebauten Zeitkreis dar. Die Funktion ist dergestalt, daß der Kondensator C über die Widerstände R_1 und R_2 symmetrisch gegen Erde aufgeladen und über die Penthode V_e im Augenblick der Aufnahme entladen wird. Der Strom dieser Röhre wird trotz seines schwankenden Kathodenpotentials dadurch konstant gehalten, daß die Steuergitterspannung von der Brennspannung einer Gasentladungsröhre Th, die von der Gleichstromquelle wechselstrommäßig durch Widerstände getrennt ist und den Potentialänderungen der Penthodenkathode folgt, abgeleitet ist.

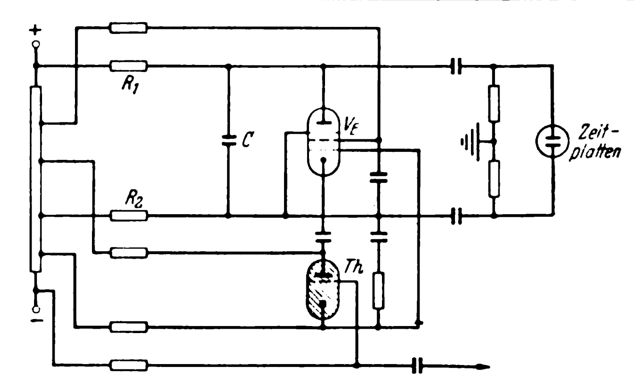


Bild 5. Schaltung des Zeitkreises.

Den Schluß der Arbeit bildet ein Überblick über die Leistungsfähigkeit des neuen Oszillographengerätes mit verschiedenen Oszillogrammen. Unter anderem werden erstmalig direkte Oszillogramme von Magnetronschwingungen (600 MHz) und von Triodenschwingungen mit 10^9 Hz Frequenz gebracht. Damit ist das Gebiet der Dezimeterwellen einer direkten Oszillographie mittels eines einfach zu bedienenden Gerätes zugänglich geworden. *Ege.*

DK 621.317.755

Bemerkungen zum Ausbau der neuzeitlichen Elektronenstrahloszillographie. [H. Pieplow, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 6, S. 319; 18 S., 17 B.]

Auf dem Gebiet der mit abgeschmolzenen Braunschen Hochvakuumröhren arbeitenden Oszillographie war das wesentliche Bestreben der letzten Zeit auf die Erhöhung des Auflösungsvermögens gerichtet, oder anders ausgedrückt: auf die Steigerung der Schreibgeschwindigkeit, und zwar sowohl bei periodischen als auch bei einmaligen Vorgängen. An Hand einer einfachen Überschlagsrechnung wird indessen gezeigt, daß für stehende Bilder, also bei Verwendung sägezahnförmiger (periodischer) Zeitablenkspannungen, die Synchronisierschwierigkeiten mit wachsender Frequenz der Meßspannung ebenfalls ansteigen, so daß bei hoher Frequenz der Meßspannung stehende Bilder nicht leicht erhalten werden. Ein neu entwickeltes Zeitablenkgerät mit Kippfrequenzen bis zu 5 MHz und Ladegeschwindigkeiten bis zu 2300 V/µs liefert zwar noch lineare und zeitlich gut aufgelöste Oszillogramme von Meßfrequenzen bis zu 80 MHz (wie mitgeteilte Oszillogramme erkennen lassen), über 100 MHz dürfte dagegen eine Synchronisierung im allgemeinen nicht möglich sein. Höhere Meßfrequenzen müssen also als einmaliger Vorgang aufgenommen werden.

Damit steigen aber die an die zunächst nur für die Hochspannungs- und Starkstromtechnik entwickelten Hochleistungsröhren zu stellenden Anforderungen ganz erheblich, und während für die Hochspannungstechnik Schreibgeschwindigkeiten von kaum mehr als 2000 km/s erforderlich sind, werden für die Ultrakurzwellenoszillographie 10^4 bis 10^5 km/s benötigt. Es wird an Oszillogrammen gezeigt, daß mit der neu entwickelten, abgeschmolzenen Hochleistungsröhre[1]) bei 20 kV Anodenspannung einmalige Vorgänge mit Schreibgeschwindigkeiten bis zu 50 000 km/s photographiert werden können. Das zugehörige Kipprelais hat Verzögerungszeiten von 10^{-7} s und liefert lineare Zeitablenkspannungen bis zu Gesamtoszillogrammzeiten von rd. $3 \cdot 10^{-8}$ s.

Die bei derartig schnellen Vorgängen notwendig werdende Untersuchung der Meßfehler und Meßgrenzen führt insbesondere zu einer Diskussion der Laufzeiterscheinungen bei einmaligen Stoßvorgängen. Es werden Einschwingvorgänge für verschiedene Stoßformen berechnet, die die Meßfehler bestimmenden Größen und die Meßgrenzen in Hinblick auf die Eigenzeit des Meßsystems definiert.

Lichttechnik

DK 683.848.8 : 629.118.3

Fahrradrücklicht mit Reflektor. [Nach H. A. E. Keitz, Philips techn. Rdsch. 5 (1940) S. 343; 6 S., 11 B.]

Zum Schutz des Radfahrers gegen das Anfahren durch überholende Kraftfahrzeuge werden Rücklichter oder Reflektoren bzw. Kombinationen von beiden Einrichtungen am Fahr-

[1]) H. Katz u. E. Westendorf, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 209.

rad benutzt. Das Rücklicht selbst besteht aus einer kleinen Glühbirne, die meist parallel zum Scheinwerfer des Fahrrades geschaltet wird, bei normaler Betriebsspannung der Fahrraddynamo ungefähr 0,05 A aufnimmt und sich hinter einem Fenster aus rotem Glas in einer Fassung und Halterung befindet. Die optische Wirkung der Reflektoren, deren Aufgabe darin besteht, auffallendes Licht möglichst vollkommen zurückzustrahlen, beruht auf dem Prinzip des Tripelspiegels oder dem einer Linse mit einem Spiegel in der Brennfläche. Beim Tripelspiegel wird ein ankommender Lichtstrahl von drei aufeinander senkrecht stehenden Flächen zurückgeworfen und verläßt die dritte Fläche in einer Richtung, die der ursprünglichen Einfallrichtung genau entgegengesetzt ist. Bei der praktischen Ausführung derartiger Rückstrahlflächen werden rote Glasflächen mit eingepreßten einzelnen, nebeneinander befindlichen kleinen Pyramidenkörpern benutzt, die Tripelspiegelwirkung aufweisen. Das pyramidenartig gemusterte Glas besitzt dabei genügend erforderliche Streuwirkung, um kein zu enges Lichtbündel zurückzuwerfen. Andere Fahrradreflektoren benutzen Kombinationen von Linse und Spiegel mit ebenfalls nebeneinander auf einer Glaswand angeordneten kleinen Einzellinsen, wodurch gleichfalls eine gute Rückstrahlung erzielbar ist. Beim kombinierten Rücklicht mit Reflektor wird vor die Rücklichtlampe eine Glasscheibe mit teilweisem Pyramiden- oder Linsenmuster angeordnet. Mit diesen Grundlagen wurden entsprechende Fahrradrücklichtleuchten geschaffen. Um während des Fahrens den Betrieb der Rücklichtleuchte überwachen zu können, kann entweder eine Glasfläche mit herausragendem Prisma mit schräger Vorderfläche am Rücklicht angebracht werden, wodurch einige Lichtstrahlen in einer Richtung abgelenkt werden, die das Auge des umblickenden Radfahrers treffen muß, oder im Hauptscheinwerfer wird in einer besonderen Fassung leicht sichtbar ein Kontrollämpchen mit Parallelwiderstand von der gleichen Art wie die Rücklichtlampe eingebaut, das auch als Ersatz einer beschädigten Glühbirne benutzt werden kann.

E. T.

Fernmeldetechnik

DK 621.394.3

Das Frequenzband beim drahtlosen Druckempfang nach dem Impulsverfahren. [Nach E. Hudec, Elektr. Nachr.-Techn. 17 (1940) S. 125; 14 S., 26 B.]

Die Arbeit bildet den Abschluß einer Reihe von grundsätzlichen Untersuchungen über das Impulsverfahren, in denen nachgewiesen wird, daß alle Störungen durch die Ausbreitungserscheinungen der kurzen Wellen, wie Interferenzschwund, Absorptionsschwund, Nachhall, Echo, Störspannungen, so weit in ihrer Wirkung abgeschwächt werden, daß nach diesem Verfahren der Druckempfang auf dem Funkwege und eine unmittelbare Fernschreibverbindung über kombinierte Funk- und Leitungskanäle durchführbar ist.

In der vorstehenden Arbeit wird zunächst untersucht, welches Frequenzband beim Druckempfang nach dem Impulsverfahren benötigt wird. Beim Verwenden von abgerundeten Impulsen enthält das ausgestrahlte Frequenzband im wesentlichen die ersten 7 Harmonischen der Grundschwingung, die durch den zeitlichen Abstand zweier unmittelbar aufeinanderfolgender Impulse bestimmt ist. An Beispielen wird nachgewiesen, daß das vom Sender ausgestrahlte Frequenzband durch die Ausbreitungserscheinungen der elektrischen Wellen stark verändert wird, so daß man beim Beurteilen des von einem Funkkanal benötigten Frequenzbandes nicht das ausgestrahlte Frequenzband, sondern das zu einem Empfänger gelangende Frequenzband berücksichtigen muß. Es wird gezeigt, daß das beim Impulsverfahren empfangene Frequenzband praktisch genau so breit ist wie das Frequenzband, das beim Ausstrahlen vollständiger Telegraphiezeichen zum Empfänger gelangt, so daß das Impulsverfahren trotz seiner obengenannten Vorzüge praktisch kein breiteres Frequenzband benötigt als das übliche Telegraphieverfahren. Am Schluß der Arbeit werden die Hilfsmittel beschrieben, die zum Senden und zum Empfang der Telegraphieimpulse verwendet wurden. *Sb.*

DK 621.394.341

Neuere Entwicklungen im Fernschreibvermittlungsdienst. [Nach F. E. d'Humy u. H. L. Browne, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 71; 7 S., 6 B.]

Die Verfasser beschreiben einen neuartigen Fernschreibvermittlungsdienst, der ihrer Ansicht nach den gesamten Aufbau der Telegraphenämter in den V.S.Amerika umgestalten dürfte. Das hauptsächliche Merkmal dieses neuen Dienstes ist die Verwendung von Lochstreifenempfängern auf den Vermittlungsämtern. Der bisherige Aufwand des Umtelegraphierens mit aufnehmenden und sendenden Apparatbeamten, Wortzählung, Zeitstempeln, Hand- und mechanischer Verteilung des Telegrammzeugs innerhalb des Amtes, Leitbeamten, Saalboten, Aufsichtsbeamten u. a. m. fällt fort. Alle bisherigen Vermittlungseinrichtungen in den V.S.Amerika kranken an der Unmöglichkeit, Zeichen von irgendeiner Empfangsleitung ohne oft sehr nachteilig empfundene Wartezeiten an eine beliebige Sendeleitung durchzubringen. Es muß häufig recht lange gewartet werden, bis auf dieser Ausgangsleitung der Verkehr aufgearbeitet ist, den man auf ihr gerade aus irgendeiner anderen Leitung weitergibt.

Um diese Wartezeiten, die je nach dem verwendeten Apparatsystem entweder an den Eingangsleitungen untragbare Anhäufungen oder infolge Leerlaufs ungebührlich verschwenderische Inanspruchnahme wertvoller Ausnutzungszeit an den Leitungen verursachen, auszuschalten, wird in dem Übertragungsamt am Empfangsende jeder eingeführten Leitung ein nur für diese bestimmter, jederzeit empfangsbereiter Empfangslocher aufgestellt, der die eingehenden Zeichen auf ein und demselben Empfangsstreifen in Druckschrift und für die Weitergabe gleichzeitig in den beim Fünferalphabet üblichen Lochbildern wiedergibt (printer perforator). Die Vermittlungsbeamtin kann also, ohne des Lesens des Fünferalphabets kundig zu sein, den Bestimmungsort der mit einer Schrittgeschwindigkeit von rd. 45,5 Baud (390 Buchstaben/min) einlaufenden Telegramme sogleich bei ihrer Ankunft ermitteln.

Am Sendeende jeder eingeführten Leitung befindet sich ein nur für diese bestimmter, jederzeit sendebereiter Lochstreifensender der im amerikanischen Vielfachdruckbetrieb schon bisher üblichen Bauart (transmitter).

Zwischen dem genannten Empfangslocher besonderer, neuer Bauart und dem erwähnten Lochstreifensender liegt die neuartige Vermittlungs- und Übertragungseinrichtung, die im folgenden kurz „Amtskreis" (intraoffice circuit) genannt wird. Sie besteht aus zwei Teilen. Ein Teil wird aus einem Lochstreifensender (transmitter) gebildet, der unmittelbar neben dem obengenannten, an der Empfangsleitung stehenden, vereinigten Empfangslocher und Drucker (printer-perforator) steht. Die von diesem örtlichen Sender kommenden Leitungen enden in einer der Stöpselschnüre eines Vermittlungsplatzes. Je nach der Höhe der bekannten anfallenden Telegrammzahl sind vier oder acht Empfangsleitungen auf einem Vermittlungsplatz zusammengefaßt. Der andere Teil besteht aus einem Locher, der Papierstreifen mit Lochgruppen nach dem Fünferalphabet ohne Druckschrift fördert (reperforator). Dieser Locher steht unmittelbar neben dem Lochstreifensender an der Sendeleitung und endigt an den Vielfachklinken aller Vermittlungsplätze.

Geht ein Telegramm auf dem Empfangslocher (printer perforator) mit der auf den amerikanischen Landleitungen üblichen Schrittgeschwindigkeit von rund 45,5 Baud (390 Buchstaben/min) ein, so durchläuft dessen Lochstreifen den neben ihm stehenden Lochstreifensender. Der Stöpsel dieses Senders wird in die zu wählende Klinke der Weitergabeleitung am Vermittlungsplatz gestöpselt, an der ein Locher ohne Druckempfang (reperforator) liegt. Dieser Locher stellt einen zweiten Lochstreifen her, der selbsttätig durch den unmittelbar neben ihm an der Sendeleitung aufgestellten Lochstreifensender läuft. Dieser Lochstreifensender gibt das Telegramm zum fernen Amt.

Der Amtskreis arbeitet bei einer Vorentwicklungsstufe dieser neuartigen Übertragungsweise in Fort Worth (Texas) seit 1934 mit einer Schrittgeschwindigkeit von rund 63 Baud (540 Buchstaben/min), bei der neuesten erreichten Entwicklungsstufe in Richmond (Virginia) seit Oktober 1937 mit rund 87,5 Baud (750 Buchstaben/min). Durch diese Erhöhung der Schrittgeschwindigkeit innerhalb des Übertragungsamtes auf fast das Doppelte wird erreicht, daß Verzögerungen, die durch die Vermittlungsschaltvorgänge und durch das Warten auf Freiwerden besetzter Leitungen bedingt sind, schnell aufgeholt werden, denn die Weitergebefernleitung arbeitet wieder mit der Schrittgeschwindigkeit von rund 45,5 Baud. Die höhere Geschwindigkeit innerhalb des Amts wird dadurch bewerkstelligt, daß man im Amtskreis die einzelnen Stromschritte des Fünferzeichens nicht wie auf Leitungen nacheinander, sondern gleichzeitig überträgt, wozu zwar entsprechend mehr Leitungen erforderlich sind, die aber sehr kurz gehalten werden können. Die hierbei verwendeten Stöpsel und Klinken weisen neun Stromkreise auf, fünf für die Zeichenstromschritte, die übrigen für Hilfskreise, die zu den Schaltvorgängen im Amtskreis benötigt werden. Es besteht u.a. eine selbsttätige absatzweise Leitungszuteilung (circuit allotter), die so arbeitet, daß ein und dieselbe Sendeleitung nacheinander

über die Amtskreise an verschiedene Empfangsleitungen angeschaltet wird, wenn mehrere Vermittlungsbeamtinnen an ihren Vielfachklinken mehrere Leitungen gleichzeitig auf die gleiche Sendeleitung stöpseln. Um diese Einrichtung ansprechen zu lassen, hat jedes an das Vermittlungsamt angeschlossene Endamt beim Lochen am Schluß jedes Telegramms zwei Punkte und einen Wortabstand mitzugeben. Dieses Sonderzeichen bewerkstelligt ferner, daß nur immer ein Telegramm weitergegeben wird, und daß nach Durchlaufen eines Telegramms die Sendeleitung für die Abgabe von Telegrammen anderer Herkunft frei wird, deren Amtskreise im Vielfachfeld also bereits gestöpselt sind. Sollen zwei oder mehr Telegramme der gleichen Herkunft nacheinander auf die gleiche Fernleitung übertragen werden, so muß die Vermittlungsbeamtin den Stöpsel nach jeder Telegrammübermittlung kurz ziehen und erneut einführen. Diese für die Übertragungsart mitkennzeichnende Arbeitsweise birgt den Vorteil in sich, daß im allgemeinen die Stöpsel sofort nach dem Lesen des Bestimmungsortes auf dem Eingangsstreifen in die Klinken eingeführt werden können, aber erst gelegentlich, nach der Übermittlung, wieder gezogen zu werden brauchen. Es ist mehr eine Ausnahme als die Regel, daß zwei aufeinanderfolgende aufgenommene Telegramme über die gleiche Ausgangsleitung weitergegeben werden. Ein weiterer, am Stöpsel liegender Hilfskreis schaltet eine selbsttätige Numerierungsmaschine ein, die jedes weiterzusendende Telegramm auf dem Weitergebelochstreifen mit der nächstfolgenden Laufnummer dieser Leitung versieht.

Die Apparatsätze sind mit optischen und akustischen Überwachungs- und Alarmeinrichtungen versehen, die u. a. Reißen und Hemmung von Streifen melden und richtiges oder fehlerhaftes Arbeiten einzelner Organe der Übertragung laufend anzeigen. Für dringende Telegramme ist ein besonderes Klinkenfeld mit Sonder-Amtskreisen vorhanden, die es ermöglichen, in schon besetzte Sendeleitungen mit Vorrang einzutreten.

Um im Übertragungsamt Telegramme aufnehmen zu können, die an geschlossene oder gestörte Ämter gerichtet sind, hat man Speicherstellen (spill- over positions) vorgesehen, bei denen diese Telegramme auf Lochstreifen mit überdrucktem Text entweder vorübergehend gelagert oder auf andere Weise ihrem Bestimmungsort zugeführt werden. An den nicht betriebsfähigen und den geschlossenen Sendeleitungen leuchtet eine Lampe auf, die der Beamtin anzeigt, daß sie das Telegramm auf eine Speicherstelle zu stöpseln hat.

Für Telegramme, die über Klopferleitungen, Rohrpost oder Fernsprecher aufzunehmen oder zuzustellen sind, besteht im Amt eine besondere Abteilung, die in der gleichen Weise an die Telegrammvermittlung angeschlossen ist wie die Außenämter. *Cor.*

Theoretische Elektrotechnik

DK 621.385.832

Über die zeitlineare Auflösung kurzer Wellen. [Nach H. Lichtenberg, Hochfrequenztechn. 57 (1941) S. 84; 6½ S., 15 B.]

In der Absicht, einen möglichst hochfrequenten Kippschwinggenerator für oszillographische Zwecke zu erhalten, werden die an die einzelnen Schaltelemente einer bekannten Kallirotronanordnung (Bild 6) zu stellenden Anforderungen

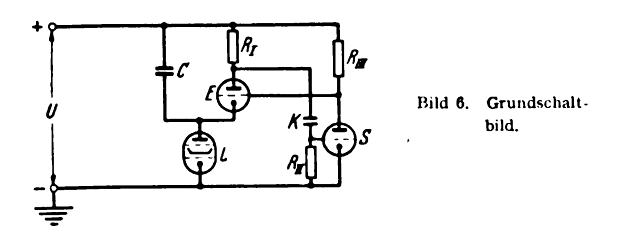


Bild 6. Grundschaltbild.

systematisch untersucht. Dabei zeigt sich insbesondere die Wichtigkeit der Gitterströme der Entladeröhre E: Einerseits muß das Gitter von E hochbelastbar sein und darf während der Entladung von C nicht den über R_{III} fließenden Konvektionsstrom begrenzen, da dies den Rücklauf verlängern würde; anderseits muß die Gitter-Kathodenkapazität von E so klein wie möglich gehalten werden, weil sowohl die bei der Aufladung von C an der Steuerröhre S auftretende starke Anodenspannungsänderung als auch die auf das Gitter von E übertragenen Synchronisierspannungsimpulse Verschiebungsströme durch die Gitter-Kathodenkapazität von E zur Folge haben, die bei kleinem Zeitkreiskondensator C die Linearität des Spannungsanstiegs ganz erheblich stören. Aus diesem Grunde ist sogar vorgesehen, die Synchronisierspannung über eine besondere Verstärkerröhre zu führen, deren Verstärkungsfaktor in Abhängigkeit von der Spannung an C so geregelt wird, daß die Synchronisierimpulse am Gitter von E jeweils immer nur am Ende der Aufladung von C wirksam werden.

Der Einfluß der übrigen Schaltelemente wird an Hand zahlreicher Oszillogramme, die Grenzen der Aufladegeschwindigkeit von C an Hand von Potentialschaubildern diskutiert. Um einen gegebenen Kippkreis im ganzen Schwingbereich, d. h. auch dann ausnutzen zu können, wenn die Entladezeit des Kondensators C vergleichbar mit der Aufladezeit wird und damit das Oszillogramm stören würde, erhält die Braunsche Röhre eine zusätzliche Helligkeitssteuerung. Dabei wird der Wehneltzylinder der Oszillographenröhre zweckmäßig an das Gitter der Steuerröhre S lose angekoppelt.

Bild 7. Oszillogramm einer Meßfrequenz von 30 MHz. (Maßstab: 1 : 1,5.)

Ein ausgeführtes Mustergerät liefert (vgl. Bild 7) Kippfrequenzen von 8 Hz bis 5 MHz. Die maximale Ladegeschwindigkeit des Zeitkreiskondensators konnte dabei bis auf 2,3 kV/µs gesteigert werden. *Plw.*

DK 537.523.5

Eine neue Entladungsform des stabilisierten Lichtbogens. [Nach W. Lochte-Holtgreven u. H. Maecker, Z. Phys. 116 (1940) S. 267; 4 S.]

H. Maecker hat einen Kohlelichtbogen in einem 10 mm weiten Quarzrohr durch Stickstoffwirbel stabilisiert. Dabei schnürt sich der Bogen trotz einer Stromstärke von 30 bis 50 A zu einem 1 bis 2 mm dünnen Faden zusammen, so daß die Stromdichte auf 2600 A/cm², die Temperatur auf 13 000° K und der Elektronendruck auf 60 Torr steigt. Die Verfasser weisen nun darauf hin, daß der Lichtbogen der Quecksilber-Höchstdrucklampe ein ähnliches Verhalten zeigt. Bei Drucken bis zu 15 at und einer Leistungsaufnahme von etwa 30 bis 80 W wächst der Querschnitt des leuchtenden Kanals mit der Leistung, während bei Drucken von 20 at aufwärts und Leistungen größer als 500 W der leuchtende Querschnitt unabhängig von der Leistung konstant bleibt. Die Leistungsaufnahme im stabilisierten Kohlelichtbogen hat ähnliche Größenordnung. Das Spektrum zeigt in beiden Fällen ein starkes Kontinuum; die Linien treten beim Kohlelichtbogen im Gegensatz zur Quecksilberlampe noch recht scharf hervor. Quantitative Messungen ergeben, daß es sich hier um ein Kontinuum freier Elektronen handelt. Wir haben also im Spektrum des stabilisierten Lichtbogens in der beschriebenen Form nicht einen Übergang eines Linienspektrums in ein Kontinuum infolge einer immer stärkeren Linienverbreiterung zu erblicken. Das Umschlagen von der schwächer violett leuchtenden breiten Entladungsbahn in den sehr hell weißleuchtenden Faden erfolgt recht plötzlich. Wird dieses Umschlagen durch Strömungsvorgänge der umgebenden Gasmasse ausgelöst, so liegt es nahe, an das Einsetzen turbulenter Strömung zu denken. In der Tat zeigt eine Abschätzung der Reynoldsschen Zahl, daß der Stickstoffstrom beim Kohlelichtbogen sich im Turbulenzgebiet befindet. *ue.*

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH

Entwicklung der ungarischen Elektroindustrie

Von Gustav Willheim, Budapest

DK 621.311.1(439)

Geschichtlicher Rückblick und Standorte der ungarischen Elektroindustrie

Ungarn war schon frühzeitig eine Pflegestätte der Elektroindustrie; bereits unter Ganz wurde eine der ersten elektrotechnischen Fabriken Europas in Budapest errichtet. Auch der erfinderische Geist auf dem Gebiete der Elektrophysik und Elektrotechnik stand in Ungarn schon zu Beginn der Elektrotechnik auf einer hohen Stufe. Hierfür seien die eng mit der Erfindung des Transformators verknüpften Namen Zipernowsky, Déri und Bláthy als Beweis genannt.

Die frühzeitige einheimische Erzeugung der Firma Ganz & Co. zwang eine ganze Reihe ausländischer Niederlassungen oder technischer Büros, in Ungarn ebenfalls Elektrowerkstätten zu errichten. Die wichtigsten Werke der ungarischen Elektroindustrie sind in Budapest. Auf dem Lande befinden sich zwar ebenfalls einige kleinere Elektrowerkstätten, bedeutendere Werke gibt es dort jedoch nicht.

Rohstofflage und Heimstoffumstellungen

Wenn man die Rohstoffbasis der ungarischen Elektroindustrie betrachtet, so muß man feststellen, daß sie weitgehend auf ausländische Rohstoffe angewiesen ist. Gerade der Krieg hat diesen Mangel aufgedeckt. Der ungarischen Elektroindustrie fehlen die wichtigen Rohstoffe Kupfer, Rohgummi, Baumwolle, Chemikalien u. a. Alle diese Stoffe wurden vom Ausland, größtenteils aus Übersee, eingeführt.

Nachdem der Krieg die meisten Bezugsquellen verschlossen hat, mußte Ungarn auf Austauschstoffe übergehen, und so verwendet man heute für Leitungen und für Bleikabel statt Kupfer und Gummi Aluminium und Papier, bei den Installationsteilen vielfach anstatt Messing vernickeltes Eisen, bei den Heiz- und Kochgeräten ebenfalls Austauschstoffe. Bei diesem Austausch hat sich oft eine technische Verbesserung ergeben.

Die Planwirtschaft brachte anfangs einige Umstellungsschwierigkeiten, überraschenderweise konnten jedoch die Umsatzzahlen auf der Höhe des vorigen Jahres gehalten werden.

Ein- und Ausfuhrstatistik

Was die Ein- und Ausfuhrstatistik anbelangt, so können zunächst nur die Werte des Jahres 1939 als Grundlage genommen werden. Die angeführten Ergebnisse in Tafel 1 stammen aus der offiziellen Ausgabe des Ungarischen Statistischen Amtes und sind nach Zollpositionen getrennt.

Tafel 1.

Warengruppe	Zähler		Meß- u. Signalgeräte		Anlasser, Widerstände, Regler		Maschinen und Transformatoren		Haushaltgeräte mit Motorantrieb		Heiz- und Kochgeräte		elektrische Kohlen	
Zollposition	855 a		855 b		859		853 b		853 a		854		865	
Handelspartner	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr
Deutsches Reich	6	32	42	—	2 557	244	5276	192	45	—	219	—	28 424	—
Italien	—	198	—	—	—	—	47	45	—	—	13	—	175	—
Rumänien	—	73	—	4	—	262	58	1 321	—	—	—	1	—	2
Jugoslawien	—	125	—	2	—	105	28	1 534	—	—	—	18	—	—
Türkei	—	261	—	2	—	141	—	370	—	—	—	—	—	—
Spanien	35	113	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Britisch-Indien	—	170	—	—	—	5	—	116	—	—	—	—	—	—
andere Länder	4	256	8	25	187	444	494	652	6	—	85	58	326	1
Gesamte Mengen (Doppelzentner)	45	1 238	50	33	2744	1 201	5 903	4 230	51	—	317	77	28 925	3
Gesamte Werte in 1000 RM[1])	32,5	525	135	40	1440	390	2 305	830	24,5	—	188	14,2	890	10,4

[1]) 1 RM = 1,63 Pengö.

Wie man aus den statistischen Angaben sieht, richtete sich die Ausfuhr der Elektroindustrie Ungarns hauptsächlich nach den Balkanstaaten, und zwar nach Rumänien, Jugoslawien, der Türkei und vor dem Kriege auch nach Britisch-Indien, Brasilien und einigen asiatischen Staaten. Ausgeführt wurden aus Ungarn Dynamomaschinen, Motoren, Transformatoren, elektrische Zähler, Anlasser, Widerstände, Regler und in kleineren Mengen Bleikabel.

Eine ganz besondere Stellung bezüglich der Außenhandelstätigkeit nimmt die elektrische Glühlampenindustrie Ungarns ein, die ihre Erzeugnisse in die meisten Kulturländer ausführte. Im Berichtsjahre betrug die ausgeführte Glühlampenmenge 7150 Doppelzentner im Werte von 6,4 Mill RM. Demgegenüber betrug die Einfuhr, ausschließlich aus dem Deutschen Reiche, 51 Doppelzentner im Werte von 106 000 RM.

Nach den Angaben der Statistik betrug in den angeführten Zollpositionen im Jahre 1939 die Einfuhr der elektrotechnischen Industrie insgesamt 38 035 dz im Werte von rd. 5,01 Mill RM, die Ausfuhr 13 932 dz im Werte von rd. 8,21 Mill RM. Hieraus ergibt sich für Waren der Elektroindustrie eine für Ungarn aktive Bilanz im Werte von rd. 3,2 Mill RM.

Lebensfähigkeit der ungarischen Elektroindustrie

Ungarn ist ein Land überwiegend agrarischen Charakters, das die Erzeugnisse seiner Landwirtschaft und Viehzucht auf dem Weltmarkt, in erster Linie in Deutschland, Italien und den umgebenden Ländern, absetzen will. Die Landwirtschaft kann jedoch trotz verminderter Mechanisierung während der Krisenjahre in großem Ausmaße nur einen Teil der verfügbaren Arbeitskräfte, und diese auch nur in gewissen Zeiten des Jahres, beschäftigen.

Der Überfluß an Arbeitskräften muß in der Industrie untergebracht werden. Ungarn ist demnach gezwungen, alle seine lebensfähigen Industriezweige aufrechtzuerhalten bzw. weiterzuentwickeln.

Für die Lebensfähigkeit ist nicht die Rohstofflage allein ausschlaggebend. Bezeichnend ist hierfür, daß die Elektroindustrie Ungarns, die die einzuführenden Rohstoffe verarbeitet, nicht nur lebensfähig ist, sondern daß Ungarn sogar eines der Geburtsländer dieser Industrie war, wie anfangs bereits ausgeführt wurde. Zur Beurteilung der Lebensfähigkeit ist die Wettbewerbsfähigkeit der betreffenden Industrie im In- und Auslande ausschlaggebend. Die Elektroindustrie Ungarns hat darin, wie dies die Außenhandelsergebnisse der letzten Jahrzehnte zeigen, ihre Prüfung bestanden. In dem großeuropäischen Wirtschaftsraum wird also die Elektroindustrie Ungarns entsprechend ihrer Leistungsfähigkeit eingesetzt werden können.

Aus den Jahresberichten deutscher Elektrizitätswerke[1]). Geschäftsjahr 1939 Liste IV.

DK 621.311.1.003

Nr. 67. Neckar-Aktiengesellschaft, Stuttgart.

Infolge der überaus reichlichen Wasserführung des Neckar ist die Stromerzeugung gegenüber dem Vorjahr gestiegen. — Beim Anlagevermögen sind für den auf das Reich übergegangenen ersten Teilabschnitt der Neckarkanalisierung die Restkosten mit RM 319 688,66 eingegangen. — Das nach dem im März 1922 mit dem Reich und den Ländern Württemberg, Baden und Hessen abgeschlossenen Konzessions- und Bauvertrag bis zum 31. Dezember 2004 laufende Konzessionsrecht wurde anläßlich der Bilanzumgestaltung auf den Buchwert von RM 22,8 Mill herabgesetzt. Auf Disagio der 6% holl. Guldenanleihe von 1930 fand die planmäßige Tilgung statt. Unter den Verpflichtungen sind erwähnenswert: RM 9 420 715,— langfristige verzinsliche Darlehen des Reiches und der Länder Württemberg, Baden und Hessen, RM 3 902 000,— 5% Goldanleihe von 1923, RM 1 204 500,— 5% Teilschuldverschreibungen von 1921, RM 5 819 100,— 4,5% Reichsmark-Schuldverschreibungen von 1935 und RM 5 597 550,— 6% Holl. Guldenanleihe von 1930. — Die Ertragsrechnung ist wie in den Vorjahren ausgeglichen.

Nr. 68. Alpen-Elektrowerke Aktiengesellschaft, Wien.

Die Vermögensrechnung zeigt eine erhebliche Ausdehnung. Auf das Grundkapital sind weitere rd. RM 22,35 Mill eingezahlt worden, so daß sich die ausstehenden Einlagen auf RM 10,1 Mill verringert haben, welche wieder als ausstehende Forderungen unter Umlaufvermögen eingesetzt sind. — Das Anlagevermögen ist durch große Bauten um rd. RM 17,5 Mill erhöht worden und die Beteiligungen weisen durch den Erwerb der Aktienmehrheit der Tiroler Wasserkraft AG. (Tiwag), der qualifizierten (?) Minderheiten bei dem Elektrizitätswerk Wels AG. und der Oeka sowie von zwei weiteren Gesellschaften einen um rd. RM 12,9 Mill erhöhten Stand auf. Das Umlaufvermögen hat sich um rd. RM 1,7 Mill erhöht. Neu erscheint der Posten Wertpapiere von rd. RM 4,0 Mill; er enthält Steweag-Dollar-Obligationen, die beim Erwerb der Aktienmehrheit übernommen wurden und zum Umtausch in 4,5% Reichsmark-Schuldverschreibungen angemeldet sind. Den Forderungen gegenüber Konzernunternehmungen von rd. RM 6,5 Mill und Bankguthaben von rd. RM 1,7 Mill stehen Konzernverpflichtungen und Lieferungsschulden von rd. RM 6,9 Mill und Bankschulden von rd. RM 6,8 Mill gegenüber. Diese Bankschuld stellt einen Kredit dar, der von einer Konzernbank zur Durchführung der Steweag-Transaktion eingeräumt wurde, während die sich noch ergebende Restschuld an den Verkäufer mit RM 11,5 Mill unter „Sonstige Verbindlichkeiten" verbucht wurde. Eine Dividende gelangte nicht zur Ausschüttung und der Gewinnsaldo von RM 48 953,— wird neu vorgetragen.

Nr. 69. Stadtwerke Augsburg, Elektrizitätsversorgung, Augsburg.

Die nutzbare Stromabgabe erfuhr eine Steigerung um 10,4%. — Das jetzt auf das Kalenderjahr umgestellte Geschäftsjahr weist für sämtliche städtischen Betriebe eine gemeinsame Bilanz, jedoch für die einzelnen Betriebe gesonderte Erfolgsrechnungen aus. — In dem Anlagevermögen von RM 19,8 Mill sind Anlagen der Elektrizitätsversorgung mit RM 6,7 Mill enthalten. An dem Eigenkapital von RM 6,9 Mill ist die Elektrizitätsversorgung mit RM 1,1 Mill, an den Rückstellungen von RM 2,9 Mill mit RM 1,1 Mill und an den Verbindlichkeiten von RM 16,5 Mill mit RM 5,2 Mill laut Ziffernangabe des Berichtes beteiligt. Die Elektrizitätsversorgung schließt mit einem Gewinn von RM 610 103,— ab, welcher der Stadtkasse zufließt.

Nr. 70. Großkraftwerk Stettin AG., Stettin.

Die nutzbare Stromabgabe nahm um 14,35% gegenüber dem Vorjahre zu. Das Anlagevermögen erfuhr einen Zuwachs von rd. RM 1 435 000,— durch Erweiterungs- und Neubauten. — Die Verbindlichkeiten in fremder Währung wurden planmäßig mit $ 25 000,— getilgt und belaufen sich noch auf $ 600 000,— = RM 1 372 418,— Amerika-Anleihe. Das Umlaufvermögen hielt sich auf ungefähr gleicher Höhe; das Konto Wertpapiere weist einen Bestand von $ 223 334,— = RM 493 390,— Amerika-Anleihestücke auf. — Die Stromabgabe an die beiden Stromabnehmer (Stettiner Stadtwerke G. m. b. H. und Märkisches Elektrizitätswerk AG) erfolgte zu Preisen, die nur einen Gewinnüberschuß in der Höhe einer Dividende von 3% gestatten.

Nr. 71. Überlandwerk Oberschlesien AG., Neiße.

Neben der anhaltenden Steigerung des Stromabsatzes ist eine ansehnliche Ausdehnung des Interessengebietes durch Angliederung mehrerer Ortsnetze zu verzeichnen. — Das Anlagevermögen erfuhr durch Erweiterungsbauten und Netzübernahme eine angemessene Erhöhung, und die Beteiligungen wurden durch den Ankauf einiger Aktien der Elektrizitäts-AG. Cosel vermehrt. Beim Umlaufvermögen sind die liquiden Mittel (Wertpapiere, Wechsel, Bankguthaben und Kasse) mit rd. RM 825 000,— hervorzuheben. — Unter den Verbindlichkeiten befindet sich ein Valuta-Bankdarlehen von sFrs 4 000 000,—, das mit RM 3 257 600,— ausgewiesen ist; Darlehen und Hypotheken wurden planmäßig getilgt. — Dividende wieder 6%.

Nr. 72. Städtische Werke AG. Kassel, Kassel.

Die Stromerzeugung und der Fremdstrombezug stiegen gegenüber dem Vorjahre um rd. 10%, während die Stromabgabe sich um 12,21% steigerte. Das Anlagevermögen erfuhr durch Erneuerungsbauten und die Errichtung weiterer Netzstationen eine Erhöhung um rd. RM 1 000 000,—, und bei den Beteiligungen sind ein Zugang von RM 19 000,— für den Erwerb weiterer Straßenbahn-Aktien und dagegen ein Abgang von rd. RM 362 000,— für an die Stadt Kassel abgetretene Anteile der Kasseler Omnibus G. m. b. H. zu vermerken. — Die Bilanz ist für alle Betriebe gemeinsam, doch vermerkt der Bericht, daß bei den Anlagen für das Elektrizitätswerk für RM 1 186 000,— Zugänge und für RM 687 000,— Abschreibungen stattgefunden haben. — Das gesamte Aktienkapital befindet sich im Besitze der Stadt Kassel. — Dividende 4%.

Nr. 73. Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG., Essen.

Der Stromabsatz für Licht fiel etwas, dagegen aber der Kraftstromverbrauch und damit der Gesamtabsatz stieg weiter an. — Bezüglich des Ausbaues der süddeutschen und südostdeutschen Wasserkräfte konnte mit der Viag bzw. deren Tochtergesellschaft, der Alpen-Elektrowerke AG. ein Abkommen zum gemeinschaftlichen Ausbau getätigt werden. Die AG. hat mit der Viag und dem Bayernwerk die Bayerische Wasserkraftwerke AG. in München und mit der Alpen-Elektrowerke AG. die Westtiroler Wasserkraftwerke AG. in Innsbruck zum Ausbau der Wasserkräfte Bayerns und Tirols gegründet und sich für das eigene Verbundsystem einen entsprechenden Strombezug gesichert.

Das Anlagevermögen weist eine Nettoerhöhung um rd. RM 59 400 000,— auf. Die Zugänge stellen Aufwendungen für die Anlagen im Rahmen des Ausbauprogramms dar und schließen neben der laufenden Erneuerung der Netzanlagen die Aufwendungen, die durch die Übernahme einer Reihe von Orts-

[1]) Letzter Bericht: Geschäftsjahr 1939 Liste III. ETZ 62 (1941) H. 7, S. 163.

Vermögensaufstellung und Ertragsrechnung

Geschäftsjahr 1939 Liste IV

Die Zahlen des letzten Geschäftsjahres sind in stärkeren, stehenden Ziffern, die der früheren Jahre in schwächeren, schrägen Ziffern gedruckt. Die Werte sind in 1000 RM angegeben.

Lfd. Nr.	Namen Wohnsitz	Letzte Veröffentlichung in der ETZ	Letztes Betriebsjahr	Aktiva: Anlagevermögen	Aktiva: Beteiligungen	Aktiva: Umlaufvermögen	Vermögensaufstellung Summe	Passiva: Aktien- oder Grundkapital	Passiva: Reserven u. Rücklagen	Passiva: Wertberichtigungen	Passiva: Verbindlichkeiten	Passiva: Reingewinn	Ausgaben: Betriebs- und Geschäftsunkosten	Ausgaben: Abschreibungen u. Rücklagen	Ausgaben: Zinsen	Ausgaben: Steuern und soziale Abgaben	Ausgaben: Reingewinn	Ertragsrechnung Summe	Erträgnisse: aus Betrieb	Erträgnisse: sonstige	Verteilte Dividende %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
67	Neckar AG., Stuttgart	1940 S. 431 Nr. 54	1.1.—31.12.39	**71 353** *64 165*	**0** *0*	**6 753** *7 165*	**78 106** *71 350*	**22 000** *22 000*	**0** *88*	**22 060** *16 144*	**34 046** *33 118*	**0** *0*	**700** *925*	**913** *1 047*	**1 011** *1 003*	**190** *229*	**0** *0*	**2 814** *3 204*	**2 622** *2 719*	**192** *485*	**0** *0*
68	Alpen-Elektrowerke AG., Wien	1940 S. 431 Nr. 55	1.1.—31.12.39	**21 783** *4 323*	**28 494** *12 897*	**23 513** *34 107*	**73 790** *51 327*	**50 000** *50 000*	**1 476** *230*	**248** *227*	**22 017** *829*	**49** *41*	**657** *181*	**873** *351*	**46** *9*	**637** *185*	**49** *41*	**2 262** *767*	**1 518** *458*	**744** *309*	**0** *0*
69	Stadtwerke Augsburg, Augsburg	1940 S. 879 Nr. 73	1.4.39—31.3.40	**19 847** *18 704*	**1** *1*	**7 020** *5 861*	**26 868** *24 566*	**6 918** *6 913*	**2 945** *88*	**0** *1 524*	**16 535** *15 240*	**470** *801*	**4 853** *3 444*	**568** *396*	**254** *159*	**815** *428*	**610** *560*	**7 102** *4 987*	**6 303** *4 393*	**799** *592*	— —
70	Großkraftwerk Stettin AG., Stettin	1939 S.1351 Nr.37	1.1.—31.12.39	**22 505** *21 970*	**0** *0*	**1 604** *1 607*	**24 109** *23 577*	**7 500** *7 500*	**1 290** *1 469*	**12 637** *12 327*	**2 457** *2 044*	**225** *237*	**3 342** *2 803*	**854** *810*	**95** *68*	**251** *549*	**225** *237*	**4 767** *4 467*	**4 674** *4 420*	**93** *47*	**3** *3*
71	Überlandwerk Oberschlesien AG., Neiße	1940 S. 431 Nr. 58	1.1.—31.12.39	**27 517** *26 261*	**187** *179*	**4 894** *3 584*	**32 598** *30 024*	**10 000** *10 000*	**1 697** *750*	**10 844** *10 564*	**9 397** *8 062*	**660** *648*	**1 190** *1 047*	**1 569** *1 292*	**298** *281*	**1 101** *918*	**660** *648*	**4 818** *4 186*	**4 586** *4 080*	**232** *101*	**6** *6*
72	Städtische Werke AG. Kassel, Kassel	1941 S. 163 Nr. 65	1.4.39—31.3.40	**25 930** *24 899*	**227** *570*	**7 459** *4 922*	**33 616** *30 391*	**12 000** *12 000*	**13 503** *10 895*	**10** *1 528*	**7 413** *5 133*	**690** *835*	**9 250** *8 296*	**2 559** *1 845*	**149** *139*	**2 258** *2 340*	**690** *835*	**14 906** *13 455*	**13 011** *12 321*	**1 895** *1 134*	**5** *6*
73	RWE Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG., Essen	1940 S. 431 Nr. 63	1.7.39—30.6.40	**1067839** *1008428*	**138 790** *133 016*	**105 866** *73 608*	**1 312495** *1215052*	**246 000** *246 000*	**171 529** *159 261*	**524 474** *489 857*	**355 300** *304 585*	**15 182** *15 349*	**34 293** *28 542*	**44 508** *45 490*	**13 445** *12 149*	**44 744** *38 172*	**15 182** *15 349*	**152 172** *139 702*	**122 081** *111 650*	**30 091** *28 052*	**6** *6*
74	Energie AG., Leipzig, Markkleeberg	1940 S. 879 Nr. 72	1.7.39—30.6.40	**7 326** *6 785*	**2 350** *2 703*	**10 674** *8 710*	**20 350** *18 298*	**7 000** *7 000*	**2 068** *825*	**5 167** *5 058*	**5 597** *4 910*	**518** *505*	**13 019** *13 534*	**2 325** *1 442*	**0** *0*	**1 944** *1 462*	**518** *505*	**17 806** *16 943*	**15 349** *14 363*	**2 457** *2 560*	**7** *7*
75	Amperwerke Elektrizitäts AG., München	1940 S. 431 Nr. 66	1.7.39—30.6.40	**56 020** *53 934*	**0** *0*	**4 447** *3 059*	**60 467** *56 993*	**28 000** *28 000*	**5 285** *3 100*	**16 901** *7 641*	**8 554** *6 523*	**1 727** *1 729*	**2 028** *2 050*	**1 547** *1 596*	**371** *291*	**2 594** *2 660*	**1 727** *1 729*	**8 267** *8 326*	**8 061** *7 972*	**206** *354*	**6** *6*
76	Überlandwerk Jagstkreis AG., Ellwangen (Jagst)	1940 S. 879 Nr. 79	1.7.39—30.6.40	**25 795** *24 909*	**83** *82*	**1 571** *1 361*	**27 447** *26 357*	**8 000** *4 000*	**1 010** *643*	**12 095** *11 526*	**5 753** *9 734*	**589** *454*	**716** *728*	**974** *837*	**377** *472*	**614** *543*	**589** *454*	**3 270** *3 034*	**3 037** *2 808*	**233** *226*	**5½** *5½*
77	Braunkohlen-Industrie-AG. Zukunft, Weisweiler	1940 S. 431 Nr. 61	1.4.39—31.3.40	**17 889** *19 490*	**6 591** *6 616*	**16 542** *4 118*	**41 022** *30 224*	**16 000** *16 000*	**9 484** *2 314*	**1 498** *5 751*	**13 049** *5 127*	**991** *1 032*	**5 501** *5 282*	**3 738** *3 104*	**376** *95*	**3 344** *2 437*	**991** *1 032*	**13 950** *11 950*	**13 311** *11 440*	**639** *510*	**6** *6*
78	NWK Nordwestdeutsche Kraftwerke AG., Hamburg	1940 S. 431 Nr. 67	1.9.39—30.9.40	**58 604** *49 708*	**0** *0*	**5 140** *8 564*	**63 744** *58 272*	**12 000** *12 000*	**7 404** *4 009*	**29 842** *30 417*	**13 667** *11 015*	**831** *831*	**2 991** *3 827*	**3 573** *4 118*	**355** *219*	**4 174** *3 282*	**831** *831*	**10 924** *12 277*	**10 771** *11 800*	**153** *477*	**6** *6*
79	Landelektrizität G. m. b. H., Halle (Saale)	1940 S. 879 Nr. 71	1.7.39—30.6.40	**67 195** *67 757*	**1 949** *1 949*	**12 901** *8 785*	**82 045** *78 491*	**7 500** *7 500*	**6 928** *5 510*	**52 347** *49 728*	**14 615** *15 189*	**655** *564*	**7 888** *8 616*	**4 882** *4 036*	**760** *821*	**4 565** *3 024*	**655** *564*	**18 750** *17 061*	**15 894** *14 217*	**2 856** *2 844*	**6** *6*
80	Techn. Werke der Stadt Stuttgart Abt. Elektrizitäts Vers., Stuttgart	1941 S. 165 Nr. 59	1.1.—31.12.39 1.4.—31.12.38	**96 163** *94 146*	**22** *22*	**27 678** *16 926*	**123 863** *111 094*	**68 000** *68 000*	**3 091** *2 555*	**1 718** *0*	**46 472** *38 857*	**4 582** *1 682*	**16 216** *23 076*	**3 510** *5 007*	**797** *1 337*	**3 314** *6 274*	**2 892** *1 682*	**26 727** *37 376*	**25 296** *18 432*	**1 433** *18 944*	— —
81	Überland-Zentrale Helmstedt AG., Helmstedt	1940 S. 432 Nr. 59	1.4.39—31.3.40	**8 039** *6 662*	**0** *0*	**2 278** *2 060*	**10 317** *8 722*	**2 000** *2 000*	**2 159** *2 123*	**4 114** *3 735*	**1 862** *669*	**182** *195*	**944** *947*	**429** *825*	**8** *0*	**584** *645*	**182** *195*	**2 147** *2 612*	**2 038** *2 304*	**109** *308*	**8** *8*
82	Bayernwerk AG., München	1940 S. 879 Nr. 68	1.10.39—30.9.40	**85 532** *82 347*	**16 400** *16 133*	**20 101** *14 681*	**122 033** *113 161*	**18 000** *18 000*	**6 227** *4 035*	**33 391** *31 733*	**63 645** *58 506*	**720** *887*	**27 559** *25 646*	**5 390** *5 229*	**1 696** *1 739*	**1 718** *2 154*	**720** *887*	**37 083** *35 653*	**34 484** *32 686*	**2 599** *2 969*	**4** *4*
83	Mittlere Isar AG., München	1940 S. 879 Nr. 69	1.10.39—30.9.40	**89 764** *89 757*	**0** *0*	**8 357** *5 925*	**98 121** *95 682*	**27 000** *27 000*	**6 530** *3 462*	**21 090** *20 671*	**42 371** *43 208*	**1 080** *1 341*	**483** *169*	**3 348** *2 305*	**368** *402*	**1 923** *1 544*	**1 080** *1 341*	**7 202** *5 761*	**6 687** *5 198*	**515** *593*	**4** *4*
84	Walchenseewerk AG., München	1940 S. 879 Nr. 70	1.10.39—30.9.40	**22 581** *22 858*	**0** *0*	**6 769** *6 130*	**29 350** *28 988*	**5 000** *5 000*	**2 580** *1 971*	**9 683** *9 547*	**11 887** *12 212*	**200** *258*	**48** *38*	**1 152** *1 209*	**26** *69*	**374** *326*	**200** *258*	**1 800** *1 900*	**1 651** *1 725*	**149** *175*	**4** *4*
85	Vereinigte Saar-Elektrizitäts AG., Saarbrücken	1941 S. 165 Nr. 60	1.1.—31.12.39	**15 406** *13 898*	**9** *9*	**2 509** *1 606*	**17 924** *15 513*	**4 000** *4 000*	**3 126** *2 810*	**4 193** *3 632*	**6 605** *4 819*	**(—124)** *252*	**764** *838*	**752** *648*	**269** *136*	**387** *396*	**(—124)** *252*	**2 172** *2 270*	**2 007** *2 256*	**165** *14*	**0** *0*
86	Elektrizitätswerk Wels AG., Wels	—	1.1.—31.12.39	**8 039**	**1**	**1 078**	**9 113**	**3 500**	**1 495**	**2 953**	**954**	**214**	**583**	**412**	**39**	**311**	**214**	**1 559**	**1 545**	**14**	**6**
87	Kraftwerke Mainz—Wiesbaden AG., Mainz	1940 S. 431 Nr. 60	1.4.39—31.3.40	**23 910** *21 725*	**2** *2*	**3 210** *3 313*	**27 122** *25 039*	**5 600** *5 600*	**2 777** *1 468*	**9 348** *8 640*	**9 233** *9 158*	**164** *173*	**1 165** *969*	**1 145** *1 088*	**561** *673*	**411** *484*	**164** *173*	**3 446** *3 387*	**3 375** *3 217*	**71** *169*	**1** *2*
88	Werke der Stadt Halle AG., Halle (Saale)	1940 S. 879 Nr. 84	1.4.39—31.3.40	**33 462** *33 102*	**416** *452*	**11 891** *8 815*	**45 769** *42 369*	**12 000** *12 000*	**20 857** *17 389*	**14** *14*	**12 395** *12 478*	**503** *488*	**14 532** *12 995*	**3 752** *11 465*	**0** *0*	**3 126** *4 079*	**503** *488*	**21 913** *29 027*	**20 636** *19 474*	**977** *9 553*	**3** *3*

netzen entstanden sind, sowie auch die Erhöhung des Postens Konzessionen ein. Die Beteiligungen erhöhten sich um den Nettobetrag von rd. RM 580 000,—, und zwar durch Erwerb eines Postens Aktien der Süddeutschen Eisenbahnges. AG. in Darmstadt und der Rheinisch-Westfälischen Straßen- und Kleinbahnen AG sowie durch Leistung der 25% Einzahlung auf die Beteiligung an der Bayerische Wasserkraftwerke AG. in München. — Im Umlaufvermögen erhöhte sich der Posten Wertpapiere um über RM 13 Mill im wesentlichen durch Erwerb von Steuergutscheinen und Reichsschatzanweisungen, das Bankguthaben um rd. RM 3,5 Mill; ferner der Posten „Darlehen und sonstige Forderungen" um über RM 5,0 Mill dadurch, daß in Angleichung an die Steuerbilanz und in Abweichung von der bisherigen Handhabung die gezahlten Prämien für die im Geschäftsjahr 1933 abgeschlossene Gefolgschafts-Kapitalversicherung im vorliegenden Geschäftsabschluß aktiviert sind. Der aktivierte Betrag ist in voller Höhe den Rücklagen zugeführt und unter „Sonstige Rücklagen" eingereiht worden. — Auf der Passivseite ist der Posten „Währungsunterschiede aus Dollar-Anleihen mit RM 27,9 Mill eingesetzt worden. Nach planmäßiger Tilgung und Berücksichtigung zur Verfügung stehender Dollarbonds bestehen noch Währungsverbindlichkeiten von $ 16,4 Mill Dollaranleihen, die jetzt mit RM 41,1 Mill ausgewiesen werden. — Der Posten „Sonstige Rückstellungen", in den auch die oben erwähnten aktivierten Versicherungs-Prämien gekommen sind, steht mit RM 30,7 Mill zu Buch. — Von den auf Reichsmark lautenden Verbindlichkeiten sind RM 78,7 Mill Reichsmark-Schuldverschreibungen (Umgetauschte Dollarbonds), RM 50 Mill Reichsmarkanleihe von 1939, RM 21,8 Mill langfristige Darlehen und Verbindlichkeiten, RM 23,0 Mill kurzfristige Darlehen und Verbindlichkeiten und RM 33,6 Mill Bankkredite zu erwähnen. — Die Dividende beträgt wieder 6%.

Nr. 74. Energie Aktiengesellschaft Leipzig, Markkleeberg.

Die nutzbare Stromabgabe steigerte sich um 12,7%. — Die AG. betreibt die Erzeugung und den Verkauf von Strom und Gas; auch bei den Beteiligungen sind beide Arten der Energie vertreten. — Die Bilanz ist eine gemeinsame. Unter Anlagevermögen sind Elektrizitätsanlagen mit rd. RM 3 610 000,— und Gasanlagen mit rd. RM 2 156 000,— verzeichnet. — An Verbindlichkeiten in fremder Währung sind nach planmäßiger Tilgung $ 330 500,— 6,5% Dollaranleihe vorhanden, die je 4,20 mit RM 1 388 100,— ausgewiesen sind. Dividende wieder 7%.

Nr. 75. Amperwerke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, München.

Die nutzbare Stromabgabe erfuhr gegen das Vorjahr eine weitere Steigerung. — Das Anlagevermögen erhöhte sich durch den Bau neuer und die Erweiterung bestehender Hochspannungsleitungen, den Zugang von Neuanschlüssen mehrerer Ortschaften und den Erwerb vorhandener Ortsnetze. Im Umlaufvermögen sind besonders bei den Wertpapieren der Bestand von RM 1 750 000,— 4,5% kurzfristige Reichsschatzanweisungen zu erwähnen sowie Bankguthaben und Kasse mit rd. 245 000,— RM. — Bei den Verbindlichkeiten weisen die Hypothekendarlehen mit RM 7 465 918,— eine Erhöhung auf; es wurde ein weiteres Hypothekendarlehen in Höhe von RM 3 500 000,— aufgenommen, von dem im Laufe des Berichtsjahres RM 2 900 000,— teils zur Rückzahlung des Restes von sFrs. 2 000 000,— der Schweizer-Franken-Anleihe, teils zum weiteren Ausbau des Unternehmens benötigt wurden. — Die Dividende beträgt wieder 6%.

Nr. 76. Überlandwerk Jagstkreis Aktiengesellschaft, Ellwangen (Jagst).

Die nutzbare Stromabgabe hat eine Zunahme um 10,4% erfahren. — Das Anlagevermögen ist um RM 773 661,— gestiegen, hauptsächlich durch den Ausbau der Stromverteilungsanlagen sowie durch Erweiterungs- und Neubauten. — Beim Umlaufvermögen sind die flüssigen Mittel (Wertpapiere, hypothekarisch gesicherte Forderungen, Bankguthaben und Kasse) mit rd. RM 630 000,— ausgewiesen. — Das Grundkapital erscheint nach der Erhöhung um RM 4 000 000,— mit RM 8 000 000,— in der Bilanz. Im Zuge der Flurbereinigung der Württembergischen Energiewirtschaft hat die Energie-Versorgung Schwaben (EVS) in Stuttgart die Aufgaben des Stromverbandes Jagstkreis übernommen. Das Beteiligungsverhältnis der Rheinelektra an der AG. wurde infolgedessen ab 1. 1. 1940 neu geregelt. Außer der Beteiligung des Stromverbandes an der AG. mit 50% hat die EVS. noch die Hälfte der Beteiligung der Rheinelektra mit 25% übernommen; die EVS. ist infolgedessen ab 1. 1. 1940 an der AG. mit 75% und die Rheinelektra mit 25% des Aktienkapitals beteiligt. — Die Dividende beträgt 5,5%, woran die RM 4 000 000,— neuen Aktien für ein halbes Jahr beteiligt sind. Die Genußscheine werden zu 5% wieder getilgt und erhalten eine 3,5%ige Verzinsung.

Nr. 77. Braunkohlen-Industrie-Aktiengesellschaft Zukunft, Weisweiler.

Die Beteiligungen ermäßigten sich um RM 25 000,— Beteiligung an der aufgelösten Westdeutschen Elektrizitätswirtschaft AG. Beim Umlaufvermögen sind zu erwähnen: Forderungen an Konzernunternehmen rd. RM 4,05 Mill, Guthaben bei Banken und Syndikat rd. RM 4,67 Mill und Wertpapiere rd. RM 2,03 Mill. — Unter den Verbindlichkeiten befinden sich RM 10 Mill 5% Reichsmarkanleihe von 1939 und in fremder Währung $ 238 500,— 6,5% Amerika-Anleihe, die mit 4,20 zu RM 1 001 700,— ausgewiesen ist. Die Bilanz und Ertragsrechnung sind für alle Betriebe der AG. gemeinsam. — Dividende wieder 6%.

Nr. 78. NWK. Nordwestdeutsche Kraftwerke Aktiengesellschaft, Hamburg.

Der Stromabsatz ist um 12% gegen das Vorjahr gestiegen. Das Anlagevermögen erfuhr durch die beschleunigte Förderung des umfangreichen festgelegten Bauprogramms eine Erhöhung von rd. 8,9 Mill RM. Unter dem Umlaufvermögen weisen Wertpapiere, Hypotheken, Bankguthaben und Kasse rd. 0,5 Mill RM aus. — Unter den Verbindlichkeiten in fremder Währung sind noch sFrs 8 649 585,— Schweizer-Franken-Anleihe zu erwähnen, die mit RM 5 635 907,— zu Buch stehen. Die Dividende beträgt wieder 6%.

Nr. 79. Landelektrizität G. m. b. H., Halle (Saale).

Der Stromabsatz ist um 18,3% gestiegen. — Das Anlagevermögen ist um rd. 0,65 Mill RM niedriger, die Beteiligungen in fast gleicher Höhe wie im Vorjahr ausgewiesen worden, wogegen das Umlaufvermögen eine Zunahme von rd. 4,1 Mill RM erfahren hat. Hier sind auch die noch nicht eingeforderten Einzahlungen auf das Stammkapital mit RM 843 750,— aufgenommen; die flüssigen Mittel (Wertpapiere, Steuerscheine, Hypotheken, Wechsel, Bankguthaben und Kasse) machen über 5,7 Mill aus. — Unter den gegen das Vorjahr um fast 1,5 Mill RM niedriger ausgewiesenen Verbindlichkeiten sind Anleihen und Bankdarlehen mit rd. 11,01 Mill RM zu erwähnen. Die Dividende beträgt wieder 6%.

Nr. 80. Technische Werke der Stadt Stuttgart, Elektrizitätsversorgung Stuttgart.

Der Stromabsatz hat im Geschäftsjahr 1939, das jetzt mit dem Kalenderjahr gleich läuft, um 6% zugenommen. — Nachdem im vorigen Jahre das Geschäftsjahr auf das Kalenderjahr umgestellt und von der kameralistischen zur kaufmännischen Buchführung nach Neubewertung des Vermögens übergegangen war, ist im Berichtsjahr Bilanz- und Ertragsrechnung zwar gemeinsam aufgestellt worden, jedoch wird die Ertragsrechnung unterteilt, so daß für jede Abteilung eine vollständige Ertragsrechnung vorliegt. — Das Anlagevermögen erfuhr eine Erhöhung um rd. 2,0 Mill RM., der Bestand der Beteiligungen blieb unverändert, während das Umlaufvermögen um rd. 10,7 Mill RM höher ausgewiesen ist. Unter dem Umlaufvermögen sind die Forderung für das DKW Marburg mit RM 6 547 000,—, Wertpapiere und Steuerscheine mit RM 1 205 000,—, Guthaben bei der Stadt mit RM 3 430 000,— und Kasse und flüssige Mittel mit RM 1 233 000,— eingesetzt. Bei den um rd. 7,6 Mill RM erhöhten Verbindlichkeiten sind Leihgelder der Stadt und der Girokasse mit rd. 23,5 Mill RM zu erwähnen; in fremder Währung laufen noch $ 2 165 000,— Dollaranleihen von 1925 bis 1928, die zu 4,20 mit RM 9 079 000,— zu Buch stehen. Der Reingewinn der Elektrizitätsversorgung betrug RM 2 891 886,—, während die Gasversorgung nur RM 1 292 295,— und die Wasserversorgung RM 398 252,— erbrachten.

Nr. 81. Überland-Zentrale Helmstedt AG., Helmstedt.

Infolge der günstigen Wirtschaftslage des Versorgungsgebietes der AG. erhöhten sich die Stromlieferungen um 41,36%. — Das Anlagevermögen erfuhr eine Erhöhung um rd. RM 1,48 Mill, in der Hauptsache durch den Ausbau der Umspannwerke und Fernleitungen und der Verkabelung von Niederspannungsnetzen, wogegen sich das Umlaufvermögen nur um 0,22 Mill RM gesteigert hat. Die Verbindlichkeiten wuchsen um rd. 1,19 Mill. RM, wobei besonders der Posten

Verbindlichkeiten gegenüber Konzernunternehmen mit RM 1 435 502,— zu erwähnen ist. — Die Dividende beträgt wieder 8%.

Nr. 82. Bayernwerk Aktiengesellschaft, München.

Die Strombewirtschaftung und die Verwaltung der Bayernwerk AG. und ihrer beiden Schwestergesellschaften — Mittlere Isar AG. und Walchenseewerk AG. — (vgl. Nr. 83 und Nr. 84 dieser Liste) finden gemeinsam statt. Auf Grund eines Vertragsabkommens, das im letzten Jahre den eingetretenen Änderungen angepaßt wurde, erhalten diese beiden Gesellschaften für den gelieferten Strom die festgesetzten Vergütungen.

Die gute Wasserführung hatte eine Steigerung um 15% der Energieerzeugung in den eigenen und vertraglich gebundenen Wasserkraftanlagen erfahren. — Das Anlagevermögen erhöhte sich infolge zahlreicher Ausbauten. Beim Anlagevermögen kommen diese Bauvorhaben in einem Zugang von über 3 Mill RM zum Ausdruck; die Beteiligungen sind durch Zukauf von Aktien befreundeter Überlandwerke um rd. RM 217 000,— gewachsen. — Beim Umlaufvermögen sind die Konten Wertpapiere mit RM 2 162 800,—, Forderungen auf Grund von Stromlieferungen RM 6 681 562,—, Forderungen an Konzerngesellschaften RM 3 615 220,— und Bankguthaben RM 3 347 270,— erheblich gestiegen. Von den Verbindlichkeiten sind die Schuldverschreibungen mit rd. RM 5 275 000,—, Darlehen von Banken und anderen RM 35 040 000,—, Verbindlichkeiten auf Grund von Warenlieferungen rd. RM 4 725 000,— sowie angewachsene Guthaben der Konzerngesellschaften RM 11 916 000,— zu erwähnen.

Außer den aus der Bilanz ersichtlichen Verbindlichkeiten besteht noch ein aus dem Gewinn rückzahlbares Darlehen des Landes Bayern in Höhe von noch RM 1 014 200,—, worauf laut Bericht eine Rückzahlung von RM 43 200,— zu Lasten der Ertragsrechnung zurückgezahlt wurden. Die Dividende ist wieder auf 4% festgesetzt worden.

Nr. 83. Mittlere Isar Aktiengesellschaft, München.

Die AG. ist eine Schwestergesellschaft der Bayernwerk AG. (vgl. Nr. 82).

Die Wasserverhältnisse waren im Betriebsjahre äußerst günstige; im Winterhalbjahr lag die Wasserdarbietung um 43%, im Sommerhalbjahr um 22% über den langjährigen Durchschnittswerten. Die dargebotenen Energiemengen konnten fast restlos ausgenutzt werden und dementsprechend ergab die Dreh- und Einphasenstromerzeugung den höchsten Wert seit Inbetriebnahme des Werkes. Die Anlagen der AG. werden von der Bayernwerk AG. (vgl. Nr. 82) betrieben. Das Anlagevermögen ist in fast gleicher Höhe ausgewiesen, während das Umlaufvermögen sich um rd. RM 2 430 000,— erhöht hat, und zwar in der Hauptsache bei dem Posten Forderungen an Konzerngesellschaften, welcher mit RM 5 881 763,— eingesetzt ist. Bei den Verbindlichkeiten machen Schuldverschreibungen sowie unverzinsliche Darlehen der Reichsbahn und andere Darlehen die Summe von RM 4 2143 900,— aus.

Außer den in der Bilanz aufgeführten Verbindlichkeiten besteht noch ein aus dem Gewinn rückzahlbares Darlehen des Landes Bayern im Betrage von RM 980 719,—, worauf laut Geschäftsbericht zu Lasten der Ausgaben eine Rückzahlung von RM 64 800,— zurückgestellt wurde. — Die Dividende beträgt wieder 4%.

Nr. 84. Walchenseewerk Aktiengesellschaft, München.

Die AG. ist eine Schwestergesellschaft der Bayernwerk AG. (vgl. Nr. 82). Auch hier war das Betriebsjahr das wasserreichste seit Inbetriebnahme des Werkes. Der natürliche Zufluß lag im Winterhalbjahr um 44%, im Sommerhalbjahr um 27% über den langjährigen Mittelwerten. Die gesamte Dreh- und Einphasenstromerzeugung lag weit über dem Vorjahr und ergab den höchsten Wert seit Betriebsbeginn.

Das Anlagevermögen steht in fast gleicher Höhe ausgewiesen, und das Umlaufvermögen hat eine Steigerung von rd. RM 639 000,— erfahren, was auf die Erhöhung der Forderungen an Konzerngesellschaften, die mit RM 6 034 265,— eingesetzt sind, zurückzuführen ist. — Bei den Verbindlichkeiten machen die Schuldverschreibungen, Darlehen und unverzinsliche Darlehen der Reichsbahn RM 11 624 360,— aus.

Außer den in der Bilanz aufgeführten Verbindlichkeiten besteht noch ein aus dem Gewinn rückzahlbares Darlehen des Landes Bayern im Betrage von RM 508 519,—, worauf laut Geschäftsbericht zu Lasten der Ausgaben eine Rückzahlung von RM 12 000,— zurückgestellt wurde. — Die Dividende beträgt 4%.

Nr. 85. Vereinigte Saar-Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Saarbrücken.

In der Zeit vom Januar bis August 1939 entwickelten sich sowohl der Stromabsatz als auch die Einnahmen wie im Vorjahre günstig weiter. Die nach Ausbruch des Krieges eintretende teilweise Räumung des Versorgungsgebietes der AG. unterbrach diese Entwicklung, so daß irgendwelche Vergleiche mit dem Vorjahre nicht möglich sind. Die Verlegung der Verwaltung sowie des Betriebes anläßlich der Räumung führte zu außerordentlichen betrieblichen und wirtschaftlichen Erschwernissen. Die Rückführung erfolgte am 1. Juli 1940 nach dem siegreichen Vormarsch der Deutschen Wehrmacht.

Das Anlagevermögen erfuhr einen Zuwachs um rd. 1,5 Mill RM, die Beteiligungen blieben unverändert und das Umlaufvermögen erhöhte sich laut Bericht um rd. 0,78 Mill RM. Die Verbindlichkeiten haben insgesamt eine Erhöhung um rd. 1,79 Mill RM erfahren; hierbei sind die Verbindlichkeiten auf Grund von Warenlieferungen und Leistungen mit RM 1 119 000,—, die eigenen Wechselverbindlichkeiten mit RM 1 463 700,—, die Bankverbindlichkeiten mit RM 1 613 000,—, wovon RM 1 475 000,— Bankkredite, ausgewiesen. An Verbindlichkeiten in fremder Währung sind noch hFl. 734 000,— Holländische Gulden-Anleihe vorhanden, die mit RM 1 235 700,— zu Buch stehen.

Der Vermögensstand schließt unter Berücksichtigung der Unklarheiten bezüglich der endgültigen Regelung der Kriegsschäden mit einem Verlust von RM 123 754,65 ab, der auf neue Rechnung vorgetragen wird.

Nr. 86. Elektrizitätswerk Wels Aktiengesellschaft, Wels.

Der nach der Wiedervereinigung der Ostmark mit dem Altreich eingetretene Aufstieg der Wirtschaft hat sich auch bei der AG. durch eine weitere Steigerung des Stromabsatzes um 5,2% bemerkbar gemacht. — Die AG. steht in Verbindung mit den Alpen-Elektrowerken AG., der teilweisen Rechtsnachfolgerin der alten Oeka in Wien mit der sie auch stromwirtschaftlich verbunden ist. — Das Anlagevermögen hat eine Erhöhung um RM 105 000,— erfahren, beim Umlaufvermögen hat sich das Bankguthaben um rd. RM 123 000,— erhöht. — Bei den Verbindlichkeiten stehen die Teilschuldverschreibungen, auf welche planmäßig RM 53 333,— getilgt worden sind, noch mit RM 723 333,— zu Buch. — Das gesamte Aktienkapital befindet sich in den Händen der Stadt Wels, der Alpen-Elektrowerke AG., Wien, und der Allgemeinen Lokalbahn- und Kraftwerke AG., Berlin. — Die Dividende beträgt 6%.

Nr. 87. Kraftwerke Mainz — Wiesbaden Aktiengesellschaft, Mainz.

Der Stromabsatz hat sich gegen das Vorjahr um 4% weiterhin erhöht; damit ist seit 1933 eine Gesamtzunahme von 101% zu verzeichnen. — Das Anlagevermögen ist um 2,185 Mill RM gewachsen, wovon auf im Bau befindliche Anlagen 1,953 Mill RM entfallen; die Beteiligungen sind unverändert und das Umlaufvermögen zeigt eine geringe Senkung; Bankguthaben und Barmittel sind mit 0,818 Mill RM ausgewiesen. — Unter den Verbindlichkeiten sind von dem zur Durchführung der umfangreichen Bauvorhaben mit der Nassauischen Landesbank abgeschlossenen Darlehen von 6 Mill RM zunächst die Hälfte eingestellt worden, sodann ist noch ein Posten „Schulden aus Gründung“ mit 5,418 Mill RM vorhanden. Die Dividende ist auf 1% festgesetzt worden. — Die Aktien der AG. sind Namensaktien und befinden sich je zur Hälfte im Besitze der Städte Mainz und Wiesbaden.

Nr. 88. Werke der Stadt Halle Aktiengesellschaft, Halle (Saale).

Nach dem Jahresbericht, der ebenso wie die Bilanz und die Ertragsrechnung für alle Betriebe gemeinsam ist, hat die steigende Tendenz beim Absatz der Erzeugnisse angehalten und die Gesamteinnahme eine Steigerung um 4,04% zu verzeichnen. — Nachdem im Vorjahre eine Neubewertung stattgefunden hatte, weist das Anlagevermögen eine geringe Steigerung auf, während bei den Beteiligungen RM 35 625,— abgeschrieben wurden. Beim Umlaufvermögen erfuhren die Wertpapiere eine Steigerung um RM 517 383,— auf RM 2 877 093,— und Bankguthaben und Barmittel um RM 1 141 183,— auf RM 4 133 822,—. Unter den Verbindlichkeiten steht unverändert der Rentenschein über RM 11 240 000 und in fremder Währung ist der Rest der Dollaranleihe der Stadt Halle mit $ 182 737,— je 2,493 = RM 455 564,— ausgewiesen. — Die Dividende beträgt wieder 3%. *Ksn.*

DK 621.311.1(45)

Stromerzeugung im autarkischen Italien. [Nach L. Selmo, Elettrotecnica 28 (1941) S. 106; 3½ S.]

Bei den Bestrebungen Italiens nach Autarkie hat der Ausbau heimischer Wasserkräfte besondere Bedeutung. Bereits heute besteht ein zusammenhängendes Hochspannungsnetz von 70 bis 220 kV von Piemont bis Kalabrien. Die Elektrizitätsgesellschaften[1]) sind zusammengeschlossen in der Coniel (Compagnia Nazionale Imprese Elettriche), die die 250 kV-Landessammelschiene verwirklichen soll. Vom Februar bis April 1940 wurden erstmalig 60 Mill kWh von der Meridonale in Süditalien durch Vermitteln der mittelitalienischen Übertragungsleitungen der Terni und der Staatsbahnen an die SIP in Piemont und die Adriatica zum Herstellen von Aluminium und Elektrostahl abgegeben. Im Austausch dagegen wurde die gleiche Arbeitsmenge von August bis Oktober 1940 nach Süditalien zur Herstellung von Kalkstickstoffdünger geliefert. Im Jahre 1939 wurden insgesamt rd. 17,47 Mrd kWh erzeugt, wovon etwa 1,045 Mrd kWh auf Wärmekraftwerke, vor allem die Erddampfkraftwerke in Toskana, und 16,425 Mrd kWh auf Wasserkraftwerke entfallen. Damit war der erste Fünfjahresplan der italienischen Elektrizitätswirtschaft erfüllt. Die Entwicklung der Energielieferung seit 1921 wird zahlenmäßig belegt. Der zweite Fünfjahresplan sieht bis zum Jahre 1944 eine um fast 50% auf über 25 Mrd kWh gesteigerte Erzeugung elektrischer Energie vor. Diese Ziffer wurde nach Abschätzen der zu erwartenden Zunahme bei den einzelnen Verbrauchergruppen festgesetzt; danach erfordert etwa:

Zugförderung	1 Mrd kWh,
elektrochemische Industrie	2,5 Mrd kWh,
Elektrizität in Hütten und Walzwerken	4 Mrd kWh,
verschiedene Verbraucher (allgemeine Industrie, Landwirtschaft, Beleuchtung, Haushaltung)	1,5 Mrd kWh
zus.	9 Mrd kWh.

Dabei berücksichtigt die Bedarfszunahme für Zugförderung nur das Elektrifizierungsprogramm der Staatsbahnen (Mailand —Domodossola; Trient—Verona—Bologna; teilweise oder ganz Turin—Mailand—Venedig usw.). Bei der elektrochemischen Industrie wird allein 1 Mrd kWh benötigt für das Verstärken der Aluminiumerzeugung um 40 000 t. Zum Herstellen von 20 000 t Magnesium werden weiter 650 Mill kWh erforderlich. Die Elektrostahlerzeugung soll von 300 000 t auf 1 Mill t jährlich erweitert werden, wofür etwa 1,8 Mrd kWh aufzubringen sind. Zu erwähnen ist noch das neue Walzwerk der Fiat in Turin, das im ersten Ausbau 60 Mill kWh verbrauchen wird. In Ausführung stehen bis 1944 Kraftwerksanlagen für insgesamt 10 Mrd kWh. Das Bauprogramm der verschiedenen Konzerne ist im einzelnen angegeben. An Baustoffen werden hierfür 800 000 t Stahl, 8 Mill t Zement, 25 000 t Kupfer, 100 000 t Aluminium, 1000 t Zink, 1000 t Zinn, 500 t Blei und 100 t Nickel benötigt. Der Kapitalaufwand für die Erzeugungsanlagen allein beträgt 12 bis 15 Mrd Lire.

Die Frage, welche Energiemenge aus dem Niederschlagsgebiet von ganz Italien gewonnen werden kann, wurde noch nicht eindeutig beantwortet. Nach den Untersuchungen des italienischen hydrographischen Institutes stehen theoretisch 240 Mrd kWh zur Verfügung, wenn jeder Regentropfen an seiner Niederschlagsstelle mit der vollen Höhe über dem Meer wirksam werden könnte. Ausnutzbar sind davon nur etwa 57 Mrd kWh, d. h. 0,2 kWh/m², davon sind wirtschaftlich ausbaufähig nur 32 Mrd kWh. Die Anforderungen der Autarkie lassen wirtschaftliche Rücksichten jedoch weitgehend in den Hintergrund treten, so daß der Verfasser 45 Mrd kWh für erreichbar hält. *Dr. Az.*

DK 621.311.21(47)

Die Entwicklung von Kleinwasserkraftanlagen in der Sowjetunion. [Nach D. O. Gindus, Elektritschestwo 61 (1940) Nr. 9, S. 8; 6 S., 9 B.]

Die Wasserkräfte der europäischen Sowjetunion sind im Verhältnis zur Ausdehnung des Landes nicht groß. Immerhin würde eine Ausnutzung der vielen kleinen Flüsse und Bäche in der Nähe der Dörfer und Güter volkswirtschaftlich von Bedeutung sein, zumal die Energie dann am Ort ohne große, teure Verteilungsnetze verbraucht werden würde. Seit 1937 wird deshalb in der Sowjetunion an der Entwicklung kleiner, vollselbsttätiger, für die Massenherstellung geeigneter Wasserkraftwerke gearbeitet. Diese Aufgabe wird dadurch erschwert, daß die Gefälle entsprechend der flachen Bodengestaltung des größten Teiles des Landes nur gering sind.

Die Maschinensätze sind für Freiluftaufstellung vorgesehen. Als am besten geeignet werden Reiffenstein- und Kaplan-Thomann-Turbinen angesehen. Ausschließlich die Anordnung mit senkrechter Welle wird vorgesehen, weil auf diese Weise ein gedrungener, einfacher Aufbau erreicht wird und das Spurlager, das bei größeren Einheiten einen empfindlichen Punkt dieser Anordnung darstellt, bei kleinen Einheiten noch keinerlei Schwierigkeiten bereitet.

Die in der Entwicklung befindliche Reihe wird für 1,5 bis 35 m Gefälle bei einer Wassermenge von 40 bis 1200 l/s bemessen. Die Laufraddurchmesser betragen 200 bis 500 mm, die Generatorleistungen 3 und 8 kW bei Gleichstrom und 15, 30 und 60 kVA bei Drehstrom. Besondere Aufmerksamkeit wird dem Regelproblem geschenkt. Bei Gleichstrom besteht die Möglichkeit, Maschinen konstanter Spannung zu verwenden, die eine innerhalb von 3 bis 4% konstante Spannung bei Drehzahlschwankungen im Verhältnis von 2 : 1 abgeben. Man erhält dadurch einfache, betriebssichere und billige Maschinensätze. Für die größeren Einheiten für Drehstrom wurde eine Reihe verschiedener Regelmöglichkeiten in Betracht gezogen. Beim Entwurf der Schutzeinrichtungen ist man bestrebt, diese so einfach wie möglich auszuführen, da man mit ihrer sachlichen Pflege nicht rechnen kann. Man beschränkt sich auf eine selbsttätige Schließvorrichtung für die Turbine und eine Entregungsvorrichtung für den Generator, die beide durch Fliehkraftrelais betätigt werden.

Die erste Anlage, ausgeführt für ein Gefälle von 6 m bei 250 l/s, wurde auf der landwirtschaftlichen Ausstellung 1940 der Sowjetunion gezeigt; sie besteht aus einer Kaplan-Thomann-Turbine, die unmittelbar mit einem Drehstromgenerator für 8,5 kW bei 400/230 V und 1500 U/min gekuppelt ist. Die zweite Anlage sollte 1940 einem längeren Versuchsbetrieb übergeben werden und wurde für 1,5 bis 2,5 m Gefälle bei einer Wassermenge von 660 bis 860 l/s ausgeführt. Die Generatorleistung beträgt 4,3 bis 13,4 kW bei gleichfalls 400/230 V und 1500 U/min. Die Spannung wird durch Kohledruckregler geregelt. *J. S.*

DK 621.311 : 621.398

Neuzeitliche Hilfsmittel für den Betrieb von Kraftwerken und Netzen. [Nach H. Curion, Siemens-Z. 20 (1940) S. 235; 12 S., 12 B.]

Im Ausstellungsraum der Siemens-Schuckertwerke befindet sich zur Zeit eine Ausstellungstafel, auf der die hauptsächlichsten Hilfsmittel für den Betrieb von Kraftwerken und Netzen gezeigt und vorgeführt werden. Am Beispiel eines großen, von mehreren Wasserkraftwerken gespeisten Netzes wird der grundsätzliche Aufbau einer neuzeitlichen Lastverteilerwarte erläutert, wobei ein Leuchtschaltbild mit verschiedenartigen Steuerquittungsschaltern, mit eingebauten direkten und Fern-Meßgeräten verwendet wird. In den Rahmen dieses Netzbeispiels wurden auch alle übrigen Teile dieser neuzeitlichen Technik eingefügt. Das Gebiet der Fernsteuerung und Rückmeldung von Schaltern und Kraftwerken ist mit einer großen Wählerfernsteuerung vertreten. Das sichere Arbeiten einer Selbststeuerung von Wasserkraftwerken wird an Rückmeldeleuchtbildern erläutert. Mit Hilfe eines Frequenzabgleichers und eines schlupfabhängigen Parallelschaltgerätes kann ein Maschinensatz selbsttätig angefahren und mit dem Netz parallelgeschaltet werden. Von den verschiedenen Fernmeßverfahren wird das Impulsfrequenzverfahren gezeigt, wobei auch eine Kombination von Fernsteuern und Fernmessen, das wahlweise Übertragen mehrerer verschiedener Meßwerte auf dem gleichen Kanal, vorgeführt wird. Die Fernmeßübertragung von mehreren einzelnen Übergabeleistungswerten wird gleichzeitig noch zum Summieren dieser Werte und zum Anschluß eines Fernleistungsreglers ausgenutzt. Als Regler selbst wird ein hochempfindlicher kontaktloser hydraulischer Zwischenregler verwendet, der je nach Verwendungszweck an einen Meßwertverstärker, einen Meßwertumformer für Leistung oder Frequenz (Drehmoment-Kompensatoren) angeschlossen werden kann. Die gesamte Tafel wurde auf der Internationalen Ausstellung „Das Wasser" in Lüttich im Jahre 1939 gezeigt und dort mit einem Grand Prix ausgezeichnet. *eb.*

Handelsregistereintragung. — Elektrotechnische Fabrik Mainfranken G.m.b.H., Baunach (28 000 RM): Herstellung elektrotechnischer Erzeugnisse, insbesondere von Zündkerzen und anderen elektrischen Zubehörteilen zu Kraftfahrzeugen.

[1]) ETZ 55 (1934) S. 1175 u. 1201. — ETZ 58 (1937) S. 1325 u. 1375. — ETZ 62 (1941) H. 12, S. 320.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84

Freileitungen und Isolatoren

Die Ausschüsse für Freileitungen und Isolatoren haben die auf die Veröffentlichung des Normblatt-Entwurfs

DIN 48012, „Langstabisolatoren" L

(Entwurf 1 in ETZ 62 (1941) H. 28, S. 626 und 631), eingegangenen Anregungen überprüft. Danach haben sich bis auf kleine redaktionelle Verbesserungen keine grundsätzlichen Änderungen des Normblatt-Entwurfes ergeben[1]). Das Normblatt DIN 48012 gelangt nunmehr über den Deutschen Normenausschuß zum Druck.

Elektrische Maschinen

Die Fachabteilungen 16 „Kohlen und Bürsten" und 1 „Maschinen" der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie haben einen Entwurf zu

DIN 46221 „Kabelschuhe für Kohlebürsten"

neu aufgestellt. Abzüge dieser Entwürfe können bei der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, Berlin W 35, Corneliusstraße 3 angefordert werden.

Begründete Einsprüche sind bis zum 15. Oktober 1941 an die Geschäftsstelle des VDE zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

[1]) In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß die in ETZ 62 (1941) S. 625, Tafel I, Spalte 4, aufgeführten Werte der 50 %-Überschlag-Stoßspannung (+ 1|50 µs) keine „gewährleisteten" Mindestwerte, sondern den Schlagweiten nach Spalte 2 zugeordnete untere Grenzwerte sind.

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Vortragsreihe

Das Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin veranstaltet in Gemeinschaft mit dem VDE Bezirk Berlin und der Berliner Mathematischen Gesellschaft die nachstehende Reihe und will damit dem Umstand Rechnung tragen, daß der neuzeitliche Maschinenbau gesteigerte Anforderungen an Festigkeit und Formgebung der heutigen Baustoffe stellt. Es sollen daher die auf anderen Gebieten, z. B. im Flugzeugbau, Bauwesen u. a. entwickelten und bewährten Theorien über Elastizität und Festigkeit auch dem Kreis der Elektroingenieure nahe gebracht werden.

Thema: „Neuere Festigkeitsprobleme des Ingenieurs".

1. Vortrag (27. 10. 1941)
   Einführung. I. Teil. Dr.-Ing. habil. K. Marguerre.
2. Vortrag (3. 11. 1941)
   Einführung. II. Teil. Dr.-Ing. habil. K. Marguerre.
3. Vortrag (10. 11. 1941)
   „Experimentelle Verfahren zur Spannungsbestimmung; Spannungsoptik". Prof. Dr.-Ing. G. Mesmer.
4. Vortrag (17. 11. 1941)
   „Dynamische Probleme; Schwingungsbekämpfung in Bauwesen und Maschinenbau". Prof. Dr.-Ing. K. Klotter.
5. Vortrag (24. 11. 1941)
   „Praktische Verfahren zur Lösung technischer Eigenwertprobleme". Prof. Dr. R. Grammel.
6. Vortrag (1. 12. 1941)
   „Knick- und Beulvorgänge". Dr.-Ing. habil. K. Marguerre.
7. Vortrag (8. 12. 1941)
   „Festigkeit von Schalen". Dr.-Ing. habil. W. Flügge.
8. Vortrag (15. 12. 1941)
   „Ausblick auf neuere theoretische Ansätze". Prof Dr. G. Hamel.

Zeit: Montag, abends pünktlich 18[00].

Ort: Technische Hochschule, Berlin-Charlottenburg, Berliner Straße 171, Hörsaal H. 241 (Hauptgebäude der T.H.).

Teilnehmerkarten sind erhältlich:

a) bei Abholung: in der Technischen Hochschule, Zimmer 235 (Hauptgebäude),
b) bei rechtzeitiger Voreinsendung des Betrages an den VDE Bezirk Berlin, Berlin-Charlottenburg, Postscheckkonto Berlin 45 163, erfolgt Zusendung der Teilnehmerkarten durch die Post.

Der Preis für sämtliche Vorträge beträgt:

für NSBDT-Mitglieder	8,00 RM
für Studenten	4,00 RM
für sonstige Teilnehmer	12,00 RM

Karten für einzelne Vorträge werden nicht ausgegeben.
Die Kleiderablage ist frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung

Fernmeldetechnik. Leiter: Dipl.-Ing. P. Mentz VDE.
30. September 1941, 18[00], VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Sicherungsanlagen für Bahnen. Teil 1." Vortragender: Dr.-Ing. W. Schmitz.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. F. Grave VDE.
1. Oktober 1941, 18[00], VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Hochspannungsmeßtechnik. „Hochspannungs-Erzeuger für Meßzwecke". Vortragender: Dipl.-Ing. G. Becker.

Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
2. Oktober 1941, 18[00], VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Sonderformen elektrischer Maschinen. „Die Spannungsbildung in der Unipolarmaschine". Vortragender: Dipl.-Ing. M. Zorn VDE.

Elektrizitätswerke. Leiter: Dipl.-Ing. H. Beling VDE.
3. Oktober 1941, 18[00], VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Regelung von Dampfkesseln. „Dampfkessel und ihr Wirkungsgrad". Vortragender: Dipl.-Ing. M. Rupprecht.

Kabel und Leitungen. Leiter: Oberingenieur Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.
6. Oktober 1941, 18[00], VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Starkstromleitungen, entsprechend den derzeitigen Vorschriften". Vortragender: Oberingenieur O. Bodemann VDE.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
7. Oktober 1941, 18[00], VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Städtische Verkehrsmittel. „Aufgabengebiete der städtischen Verkehrsmittel". Vortragender: Reichsbahnrat Kniffler.

Stromrichter. Leiter: Dr.-Ing. habil. W. Schilling VDE.
8. Oktober 1941, 18[00], VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Vorgänge an Elektroden und Sonden im Quecksilberdampfstromrichter". Vortragender: Professor Dr. phil. G. Mierdel VDE.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
9. Oktober 1941, 18[00], VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Elektroakustik. „Allgemeine Grundlagen". Vortragender: Dr. L. Cremer.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender

VDE Bezirk Mittelhessen, Frankfurt a. M. 1. 10. (Mi), 18^{00}, Kunstgewerbeschule: „Stoßregelung von Generatoren mit Hilfe von gittergesteuerten Entladungsstrecken" (mit Lichtb.). Dipl.-Ing. H. Gumprecht VDE.

VDE Bezirk Südbayern, München. 15. 10. (Mi), 19^{30}, T. H. München: „Die zukünftigen Aufgaben des deutschen Ingenieurs". H. Führer VDE.

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

P. O. Pedersen †. Am 30. August starb Herr Professor Dr. phil. P. O. Pedersen, Rektor der Technischen Hochschule Kopenhagen, der als Forscher und Lehrer auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie internationalen Ruf genoß und auch in der ETZ eine Reihe hervorragender Aufsätze veröffentlichte. Der Elektrotechnische Verein (heute VDE-Bezirk Berlin) ernannte ihn auf der Festsitzung am 24. 1. 1930 auf Grund seiner hervorragenden Verdienste auf dem Gebiete der Elektrotechnik zum korrespondierenden Mitglied.

E. K. Baltzer. — Der Direktor des Zählervertrieb der SSW Nürnberg, Herr E. K. Baltzer VDE, sieht am 29. 9. 1941 auf eine 40jährige Tätigkeit bei dieser Firma zurück. Die Grundlage seiner Arbeiten bei Siemens begann in der Werkstatt und im Laboratorium. Bereits Anfang 1900 beschäftigte er sich mit der Entwicklung von Tarifapparaten und Schaltuhren und befaßte sich schon damals mit dem Bau von Apparaten, die neben den verbrauchten kWh auch noch die Zeitdauer der Überschreitung einer festen Leistungsgrenze anzeigen. Die Tarif-Schaltuhren, die stets eine gewisse Wartung erfordern, erwog Baltzer damals schon möglichst zu vermeiden und diese durch eine zentrale Umschaltung durch Frequenz-Überlagerung zu ersetzen. Bei Bekanntwerden des kleinen Synchronmotors griff er die Idee auf, mit diesem in größerem Umfange die Tarifumschaltung durchzuführen, und bemühte sich eifrigst, die Elektrizitätswerke davon zu überzeugen, daß sie ihre Werke synchron fahren sollten, um diese billigen Umschalteuhren anwenden zu können. Diese Arbeiten haben auch zu einem guten wirtschaftlichen Erfolg geführt. Baltzer wandte sich später mehr der Werbetätigkeit zu und richtete technische Schulungskurse für die in Frage kommenden Vertreter ein, ebenso wie für die Zählerfachleute der Elektrizitätswerke. Durch seine Werbetätigkeit in dem gesamten Ausland erkannte er bald, daß mit den schweren damals vorhandenen Eisengußkonstruktionen nicht der Auslandsmarkt beherrscht werden konnte und regte das heute allgemein übliche Stahlblech an. An der Gründung des deutschen und internationalen Zählerverbandes (bekannt unter dem Namen Pariser Abkommen) war Baltzer maßgebend beteiligt. Auch dem VDE-Ausschuß für Elektrizitätszähler, dem er seit Gründung angehört, stellt er seine reichen Erfahrungen zur Verfügung. In der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie ist er in den einschlägigen Fachgruppen tätig und in der Fachgruppe Zähler als Beirat. *O. P.*

E. K. Baltzer

L. Carl. — Am 16. September beging Herr Carl VDE, Vertriebsdirektor für Starkstromkabel und Leitungsmaterial bei der AEG, seinen 60. Geburtstag. Er studierte an der Technischen Hochschule Charlottenburg, trat im Jahre 1902 in das Kabelwerk Oberspree der AEG als Konstrukteur ein und leitete wichtige Kabelmontagen im In- und Auslande. Während des Weltkrieges war er auf wehrtechnischem Gebiete für die AEG tätig. Als Vertriebsdirektor vertritt Herr Carl die AEG in vielen technischen und wirtschaftlichen Ausschüssen, z. B. in der Fachgruppe 8 „Drähte und Kabel" der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, im deutschen Leitungsdraht-Verband, in der Vereinigung deutscher Starkstromkabel-Fabrikanten und im Internationalen Kabelkartell, dessen Vorstand er angehört. Herr Carl ist auch ein langjähriger Mitarbeiter in Ausschüssen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

BRIEFE AN DIE ETZ

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit)

DK 621.313.12.047.4

Bemerkungen zu dem Aufsatz von Herrn Kurt Schönfelder: „Stromverdrängung unter Bürsten auf schnellaufenden Schleifflächen" in ETZ 61 (1940) H. 47, S. 1051.

Die vorgenannte Veröffentlichung gibt grundsätzliche physikalische Betrachtungen über das Entstehen von elektromotorischen Kräften und die dadurch bedingten Strombahnen im Kontaktmaterial schnellaufender Schleifkontakte wieder. Darüber hinaus wird rein aus der Anschauung der Einfluß der zusätzlichen Ströme auf den eigentlichen über den Kontakt zu führenden Strom hinsichtlich der Stromverteilung als beachtenswert hingestellt. Der Ansicht, daß bei Turbo-Schleifkontakten bedeutende Stromverdrängungserscheinungen auftreten, stehen jedoch Ergebnisse experimenteller Untersuchungen entgegen. Es wurden die Teilströme in der Bürste eines Schleifkontaktes an der auf- und ablaufenden Kante ermittelt unter Versuchsbedingungen, die den Effekt möglichst begünstigen: hohe Umfangsgeschwindigkeit (65 m/s), große Bürstenbelastung (10 A/cm²) und Schleifring aus ferromagnetischem Material. Die Teilströme wurden durch eine kleine Stromwandleranordnung induktiv erfaßt. Nachstehend Ergebnisse der Messung:

Gesamtstrom der Bürste	auflaufende Kante			ablaufende Kante		
	Strom	Querschnitt	Stromdichte	Strom	Querschnitt	Stromdichte
A	A	cm²	A/cm²	A	cm²	A/cm²
39,8	18,5	1,79	10,3	21,3	2,00	10,6

Die geringe Abweichung der Stromdichte liegt durchaus im Streubereich des Versuches. Auf Grund dieser Messung gelangt man zu der Erkenntnis, daß die im Ring erzeugten Spannungen von geringer Größe sind und daher nur einen unwesentlichen Einfluß auf die Stromverteilung in der Bürste haben können.

Unter Voraussetzung annähernd gleichmäßiger Stromverteilung, die durch die Meßergebnisse erwiesen ist, läßt sich eine Nachrechnung der schädlichen EMK in roher Annäherung durchführen.

Versuchsdaten:

Strom in einer Ringhälfte	$i = 20$ A
Mittlere Umfangsgeschwindigkeit . .	$v_m = 65$ m/s
Permeabilität des Ringmaterials (Stahl)	$\mu = 1000$ (gewählt)
Ringquerschnitt (wirksamer)	$a = 4{,}0$ cm Breite
	$b = 1{,}5$ cm Höhe

Wird der magnetische Feldlinienverlauf im Ringquerschnitt der Einfachheit wegen dem Querschnitt $a \cdot b$ angepaßt, so ergibt sich für die erzeugte EMK durch Summieren der Teilspannungen de und unter Berücksichtigung der Konstanten

$$e = 0{,}4\,\pi\,\mu \frac{b}{8\,(a+b)}\, i\, v_m\, 10^{-8}$$

$$= 0{,}4\,\pi\, 1000 \frac{1{,}5}{8\,(4{,}0+1{,}5)}\, 20 \cdot 6500 \cdot 10^{-8} \approx 0{,}056 \text{ V}\,.$$

Danach ist nicht anzunehmen, daß Spannungen im Ring von dieser Größenordnung den Stromverlauf in der Bürste wesentlich beeinflussen können, was durch Messung bestätigt wurde.

Mehlem (Rhein), 16. 4. 1941. B. Brune

Stellungnahme zur Zuschrift des Herrn Brune.

Die vorstehende Zuschrift widerlegt nicht die physikalischen Folgerungen, die auf das Bestehen der besprochenen Verdrängungserscheinung schließen lassen; sie besagt lediglich, daß bei den zur Zeit beherrschten Strombelastungen und Geschwindigkeiten der Einfluß in der Schleiffläche noch unbedeutend ist.

Bei den für die Zukunft, insbesondere bei Unipolarmaschinen, angestrebten Werten wird das Ergebnis anders aussehen. Im übrigen würden selbst so geringe Spannungen, wie sie Herr Brune errechnet, im Schleifring selbst bereits Sekundärstromdichten hervorrufen, die gegenüber der Querschnittsbelastung durch den Nutzstrom keineswegs belanglos wären.

Berlin, 28. 6. 41. K. Schönfelder VDE

DK 621.316.1 : 644.1/.6

Bemerkungen zu dem Aufsatz von Herrn H. Laurick: „Die Stromversorgung der künftigen Wohnungsbauten" in ETZ 62 (1941) H. 25, S. 569.

Es ist dem Verfasser zuzustimmen, daß einheitliche Spannung mit größtem Nachdruck überall anzuwenden ist. Bei Drehstrom gibt es keine Schwierigkeiten der Umstellung, bei Gleichstrom 2·220 V reicht in den seltensten Fällen das vorhandene Netz, um auch noch vollelektrisierte mittlere und größere Siedlungen anzuschließen. Heute kann überall ein Drehstrom-Hochspannungsnetz erweitert werden, um Siedlungen zu versorgen.

Zu den Installationsfragen ist im Kochnischenteil eine Wandbeleuchtung statt der Deckenbeleuchtung empfehlenswert. Die Balkonsteckdose ist innen anzubringen, denn außen ist eine Klappdeckelsteckdose mit kabelähnlicher Leitung erforderlich. Es müssen dann erst wieder Abzweigdosen zum Übergang vorgesehen werden. Für Balkone und Badezimmer verlangen einige Werke H.R.-Schutzschalter, die aber sehr teuer sind, hier genügt die Erdung. Die Herdanschlüsse sind von der Praktiker-Seite gänzlich zu beanstanden. Nach der Skizze des Verfassers ist der Herd nicht ordnungsgemäß anschließbar. Ein bis zwei Meter Gummischlauchleitung und ein Herdanschlußkasten mit eingebauter gesicherter Steckdose sind notwendig und auch von mehreren Elektrizitätswerken vorgeschrieben. Hier kann auch der wegen der Eigenhitze meist auf dem Herd stehende Schnellkocher oder Tauchsieder eingesteckt werden. Auch die Möglichkeit des Abrückens und Verstellens des Herdes zwecks Reinigung oder Renovierung der Küche ist sehr erwünscht. Ein mehrmaliges Verschieben des Herdes bei Aluleitungen, installiert nach Vorschlägen des Verfassers, wird einen Bruch der Leitungen schnell möglich machen. Eine Reparatur wird einen Kasteneinbau oder das Neueinziehen der Leitungen bedingen und daher teuer sein. Die übrigen Steckdosen in der Küche können bei bequemer Leitungsführung, gegebenenfalls über eine weitere getrennte Sicherung an den Herdanschlußkasten herangeführt werden. Der Kasten weist heute leider bei fast allen Bauarten zu kleine und zu wenige Klemmen auf. Am besten wäre ein Unterputz-Herdanschlußkasten mit ein oder zwei Steckdosen und zwei einpoligen Sicherungen. Auch wird dann die Zählertafel nicht übermäßig groß. Ein Anschluß der höher belasteten Küchensteckdosen an den allgemeinen Lichtsteckdosen-Stromkreis ist nicht erwünscht wegen der Verwendung von Heizöfen in den anderen Räumen.

Hamburg, 27. Juni 1941.

E. Altstaedt VDE und O. E. Horn

Stellungnahme zur Zuschrift von Herrn E. Altstaedt und E. Horn

Mit Rücksicht auf eine gute allgemeine Ausleuchtung ist für die Kochnische eine Deckenbeleuchtung vorgeschlagen worden. Zweifellos wird in bestimmten Fällen eine Wandbeleuchtung der Deckenbeleuchtung vorzuziehen sein.

Die Anbringung der Balkonsteckdose innen (gemeint ist wahrscheinlich innerhalb eines Wohnraumes) ist unzweckmäßig, da hierdurch die Benutzung von Stromverbrauchern durch die erforderlich werdenden langen Anschlußschnüre erschwert ist, abgesehen davon, daß die Schnüre der Beschädigung ausgesetzt sind. Die Leitung zur Steckdose ist grundsätzlich innen unter Putz zu führen, wodurch sich die Verlegung kabelähnlicher Leitungen erübrigt. Ein Durchbruch durch die Wand zum Balkon stellt die Verbindung zur Unterputzdose her, die zweckmäßig mit einem sogenannten Flanschapparat, der einen Gummiring besitzt und als halbwasserdicht angesprochen werden kann, versehen wird. Die Forderung einer Schutzkontaktsteckdose auf dem Balkon geht meiner Ansicht nach zu weit.

In Badezimmern sind beispielsweise Speicher grundsätzlich mit einer Schutzmaßnahme gegen zu hohe Berührungsspannung zu versehen. Welche Schutzmaßnahme anzuwenden ist, ergibt sich durch die örtlichen Verhältnisse. Im Berliner Versorgungsgebiet beispielsweise ist es üblich, in Netzen mit Nulleiter zu nullen und in Netzen ohne Nulleiter zu erden. Nur wenn in letzterem Fall ein genügend kleiner Erdungswiderstand nicht erzielt werden kann, wird die Schutzschaltung angewandt. Praktisch liegen die Verhältnisse so, daß in Netzen ohne Nulleiter in etwa 80% der Fälle die Erdung, in 20% die Schutzschaltung angewendet wird.

Herdanschlüsse, wie sie die Bilder darstellten, sind in gleicher oder ähnlicher Weise seit Jahren in Gebrauch, ohne daß sich bisher ein Anlaß zu Beanstandungen ergeben hätte. Da die Länge des Metallschlauchs zu etwa 60 cm gewählt wird, kann der Herd ohne weiteres etwa 50 cm von der Wand abgerückt werden. Dabei werden die Leitungen, da ja der Metallschlauch durch eine Schelle mit dem Herd verbunden ist, gar nicht unmittelbar beansprucht. Im übrigen werden beispielsweise Gasherde durchweg über eiserne Gasrohre fest angeschlossen, ohne daß die Abnehmer sich bisher darüber beklagt hätten, daß sie den Herd nicht abrücken können.

Die Steckdosen in der Küche können im allgemeinen auf den Lichtstromkreis geschaltet werden, der bei Sicherung mit 10 A für eine Belastung von 2200 W ausreicht. Werden 10 A-Selbstschalter verwendet, so ist eine noch höhere Ausnutzung des Leitungsquerschnittes möglich. Die gleichzeitige Benutzungsmöglichkeit eines Schnellkochers und eines Heizofens ist damit sichergestellt.

Berlin, 9. 7. 1941. H. Laurick VDE

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.396 : 538.56.029.6

Fortschritte der Hochfrequenztechnik. Herausg. von F. Vilbig u. J. Zenneck. Band 1. Mit 478 B., XII u. 657 S. im Format 170 × 235 mm. Akadem. Verlagsgesellschaft Becker & Erler KG., Leipzig 1941. Preis geh. 42 RM, geb. 43,80 RM.

Die „Fortschritte der Hochfrequenztechnik" haben die Aufgabe, die Entwicklung des gesamten Gebietes der Hochfrequenztechnik in zusammenfassenden Berichten darzustellen. Alljährlich soll ein Band erscheinen; der erste Band liegt jetzt vor. Er enthält insgesamt 13 voneinander unabhängige Einzelbeiträge, die von bekannten Fachleuten verfaßt und in ihrer zusammenfassenden Darstellungsart sehr lesenswert sind; ausführliche Schrifttumshinweise machen die Beiträge besonders wertvoll.

H. Lassen behandelt in seiner „Theorie der Wellenausbreitung" den Einfluß der Erde auf die Wellenausbreitung, die Brechung der Wellen in der Troposphäre und die Anwendung der Ionosphärenmessungen bei senkrechtem Einfall auf die Fernübertragung. — J. Grosskopf schildert die „Ausbreitungsverhältnisse in den verschiedenen Wellenbereichen"; nach Darstellung der Eigenschaften der Ionosphäre werden die Ausbreitungsverhältnisse der kurzen Wellen, der Mittelwellen und der langen Wellen gesondert behandelt. — B. Beckmann bespricht den „Mögel-Dellinger-Effekt" in seinen Ursachen und seinen Folgen. — Ein Beitrag von B. Beckmann und J. Grosskopf behandelt die „Ultrakurzwellenausbreitung"; besprochen werden die Ausbreitungsverhältnisse innerhalb und jenseits der optischen Sicht und die Raumstrahlung aus der Troposphäre und der Ionosphäre. — Das Thema „Elektromagnetische Wellen in metallischen Hohlzylindern" wird von A. Riedinger behandelt; der kreisförmige und der rechteckige Hohlleiter werden ausführlich behandelt, die Abstrahlung von Hohlleiterwellen in den freien Raum wird gestreift. — Der Beitrag „Antennen" von A. Heilmann behandelt in der Hauptsache die theoretischen Grundlagen. — „Die moderne Empfängertechnik" schildert R. Moebes; die einzelnen Probleme, z. B. Röhrenbau, Regelung von Lautstärke und Bandbreite, Eigenrauschen usw., werden besprochen und an Beispielen heutiger Empfänger erläutert. — „Hochfrequenzisoliermaterial, neuere Stoffe und ihre Anwendungen" ist ein Beitrag von K. H. Reiss betitelt, der die Physik und die Technik der modernen Isolierstoffe schildert. — Ein kurzer

Beitrag von O. Baier bespricht „Elektronenröhren aus keramischen Werkstoffen". — Über Sonderfragen der Entwicklung von Ultrakurzwellenröhren handeln zwei Beiträge von H. E. Hollmann: „Ultrakurzwellengeräte mit Laufzeitkompression" und „Das Verhalten der Kathodenstrahlröhre im Laufzeitgebiet"; der erste Beitrag schildert außer den in Deutschland geschaffenen Grundlagen in der Hauptsache die amerikanische Entwicklung, der zweite Beitrag berichtet vorwiegend über eigene Arbeiten des Verfassers. — In dem Abschnitt „Kathodenstrahlröhren" behandeln M. Knoll und R. Theile die Wirkungsweise dieser Röhren und ihre Anwendungen als Oszillographenröhren und zur Bildübertragung. — Den Abschluß des Bandes bildet der Aufsatz „Hochfrequente Trägerstromtelephonie und Breitbandkabel" von H. Piloty; behandelt werden ausführlich die Leitungen und die Trägerstromgeräte und -Systeme.

Dem Leser, der diese bunte Folge von Einzelbeiträgen mit Interesse und großem Nutzen lesen wird, hätten die Herausgeber die Arbeit erleichtern können, wenn sie einheitliche Maßsysteme und einheitliche Bezeichnung der Grundgrößen für alle Beiträge durchgeführt hätten. Es ist für den Leser unerfreulich, wenn z. B. Π einmal den Hertzschen Vektor (Lassen, Heilmann), ein anderes Mal die absolute magnetische Permeabilität bedeutet (Piloty), die an anderer Stelle wieder mit μ_0 (Heilmann) bezeichnet wird oder wegen der Wahl des rationalen Maßsystems in den Maxwellschen Gleichungen überhaupt nicht auftaucht (Lassen); ebenso ist ε_0 einmal die absolute Dielektrizitätskonstante (Heilmann), das andere Mal die relative Dielektrizitätskonstante eines Mediums (Beckmann und Grosskopf).

Eine Vorschau auf die Gestaltung der folgenden Bände fehlt bedauerlicherweise; dem Vorwort der Herausgeber ist nur zu entnehmen, daß außer der Darstellung der neuesten Entwicklung auch die Grundlagen der verschiedenen Sondergebiete gebracht werden sollen. F. W. Gundlach VDE

DK 511 + 512

Tafeln elementarer Funktionen. Von Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. techn. E. h. F. Emde. Mit 83 B., XII u. 181 S. im Format 190×270 mm. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1940. Preis geb. 12 RM.

Das Buch ist dadurch entstanden, daß aus dem „Jahnke-Emde" die 78 ersten Seiten herausgenommen und mit geringen Änderungen als besonderes Werk herausgegeben wurden. Es wäre aber ganz falsch, diesen Teil als die Hauptsache ansehen zu wollen. Es ist wesentlich mehr geworden, ein Hilfsbuch für den praktischen Rechner, das ihn überall da berät, wo es sich um sogenannte elementare Funktionen handelt. Es ist auch weit mehr als ein Tafelwerk, es enthält außer den Tafeln und den Anleitungen dazu noch eine Menge von praktischen Anweisungen zur Ausführung von numerischen Rechnungen. In dieser Hinsicht wären vor allem die Ausführungen über die kubischen und die Gleichungen vierten Grades zu nennen, ferner der Abschnitt XIV über die Tschebyschewschen Polynome, ganz besonders noch der Abschnitt XVII: Einige Bemerkungen über Zahlenrechnungen. Außerdem enthält es eine Menge von Formeln, auch von oft gebrauchten Integralen, so daß es auch eine Art von Formelsammlung ist.

Von den Tafeln, welche sonst meist Astronomen und Geodäten herausgeben, unterscheidet das Buch sich dadurch, daß weniger auf große Genauigkeit, also viele Dezimalen, Wert gelegt wird, als auf vielseitige Brauchbarkeit für Ingenieure und Physiker. Die Schritte sind veränderlich gewählt, so daß eine im großen gleichmäßige Genauigkeit von $0{,}5 \cdot 10^{-4}$ erreicht wird. Bemerkenswert ist wohl noch, daß die Tafel für die trigonometrischen Funktionen auch in Teilen des rechten Winkels angegeben sind. Von dem außerordentlich reichen Inhalt möge noch genannt werden: Hilfstafeln für das Rechnen mit komplexen Zahlen, besondere Funktionen, dabei die Plancksche Strahlungsfunktion, die Langevinsche Funktion, der Abschnitt XI über transzendente Gleichungen. Die Logarithmentafel besteht, der erstrebten Genauigkeit entsprechend, nur aus zwei Seiten, enthält aber die dekadischen und die natürlichen Logarithmen, dazu noch in vier Zeilen die natürlichen Logarithmen der acht ersten Primzahlen auf 15 Dezimalen, womit auch genaues Rechnen wesentlich erleichtert wird.

Wenn man auch einen Wunsch äußern darf, so wäre es der, einige weniger allgemein bekannte Funktionen leichter auffindbar zu erklären, so etwa Amp nicht erst Seite 93 an versteckter Stelle, sondern vor Seite 80, wo es schon in der Tafel steht.

Das Buch wird bald bei jedem praktischen Rechner auf dem Arbeitstisch liegen. G. Hamel VDE

EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher

Unsere Betriebsgemeinschaft. Ein Leistungsbericht der Robert Bosch G. m. b. H., Kriegsjahr 1940/41. Mit zahlr. B. u. 203 S. im Format 265×345 mm. Stuttgart 1941.

[Der sorgfältig und geschmackvoll ausgestattete Band zeigt in Wort, Bild und Zahl, wie die Betriebsgemeinschaft der Robert Bosch G. m. b. H. sich im Kriegsjahr 1940/41 bewährte. Nach einer Schilderung der Bedeutung des Hauses Bosch in Technik und Wirtschaft, nicht zuletzt auch der für die Kriegsführung, wird dargelegt, wie durch soziale Maßnahmen aller Art die vom Geiste des Gründers der Firma getragene Betriebsführung es verstanden hat, die in ihrer Zusammensetzung stark geänderte Gefolgschaft — Fraueneinsatz, Umschichtung und Umschulung — zu erhöhter Leistung mitzureißen. Das Ganze ist ein Rechenschaftsbericht, der dem dieser Tage das achtzigste Lebensjahr vollendenden Gründer und Senior des Hauses Freude und Genugtuung geben wird, darüber hinaus aber geeignet ist, ein Bild zu geben von den mannigfachen Aufgaben, die die Führung eines neuzeitlichen nationalsozialistischen Betriebes neben den rein technischen, kaufmännischen und verwaltungsmäßigen zu lösen hat.]
K. Sch.

Transportable Rundfunk-Empfänger für Reise und Heim. Von A. Ehrismann. 4. erweit. Aufl. Mit 78 B., Bauplänen u. 92 S. im Format A 5. Deutsch-Literar. Institut J. Schneider, Berlin-Tempelhof 1941. Preis kart. 2,50 RM.

[Daß dieses Büchlein schon in der vierten Auflage erscheint, beweist, welch großes Interesse der bastelnde Rundfunkhörer am Reisegerät hat. Es beginnt mit den einfachsten Einröhrengeräten und schreitet stufenweise fort bis zum Fünf-Röhren-Sechs-Kreis-Koffer-Superhet. Sind die kleinen Empfänger vorwiegend für Batteriebetrieb bestimmt, so werden die größeren mehr für Netzanschluß, wahlweise auch für Batterie entworfen, so daß jeder für seinen Zweck das geeignete tragbare Gerät finden und bauen kann.] *Mbt.*

Einhundert neuzeitliche Rundfunk-Empfänger- und Verstärker-Schaltungen. Von W. W. Diefenbach. Mit 107 B., zahlr. Tab. u. 176 S. im Format A 5. Deutsch-Literar. Institut J. Schneider, Berlin-Tempelhof 1941. Preis geh. 4 RM, geb. 5,20 RM.

[Das Büchlein enthält erprobte Schaltungen vom kleinsten Einkreiser bis zum Spitzensuperhet, die bis ins einzelne durchgearbeitet und von Stücklisten begleitet sind, ohne aber Kochrezepte und Baupläne zu bringen. Es ist daher das geeignete Buch für den fortgeschrittenen Bastler, der selber konstruieren kann, und für den, der die besten Schaltungen kennen lernen will, ohne daß er sie selber ausprobiert. Recht wertvoll ist der letzte Abschnitt, der Prüf- und Hilfsgeräte für die Rundfunkwerkstatt behandelt.] *Mbt.*

Das mußt Du wissen! Arbeitsrecht, Sozialversicherung, Familienunterhalt usw. im Kriege. Herausg. von E. Bissinger. 2. umgearb. Aufl. Mit 48 S. im Format A 5. Verlag der Deutschen Arbeitsfront, Berlin 1941. Preis geh. 0,25 RM

Berichtigung

In dem Aufsatz „Berechnen von Ladegleichrichtern mit selbsttätiger Ladestromregelung" muß es auf S. 795 dieses Heftes, linke Spalte, 5. Gleichung von oben heißen: $q_1 = 0{,}102$ und zwei Zeilen tiefer Gl. (8).

In der rechten Spalte muß es in der Legende zu Bild 5 heißen: $e = \frac{a\,c}{b} = \frac{c^2}{d}$ und 5. Zeile unter Bild 5 muß in der Gleichung für die Induktivität X im Nenner statt I_a gesetzt werden I_1.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. H. von Cron VDE, Berlin-Siemensstadt, Rieppelstr. 13
Dipl.-Ing. K. Thiel VDE, Wien 55, Anzengrubergasse 30
Dipl.-Ing. G. Willheim, Budapest IX, Raday-utca 43
Dipl.-Ing. Th. F. Wissliceen, Vaihingen-Stuttgart, Kornblumenweg 3

Abschluß des Heftes: 19. September 1941

Wissenschaftliche Leitung: **Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)**
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Springer-Verlag, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 9. Oktober 1941 | Heft 40/41

Ständer- und läufergespeiste Drehstrom-Nebenschlußmotoren mit Stromwendern

Von W. Nürnberg VDE, Berlin

DK 621.313.362

Übersicht. Seit einigen Jahren hat der Drehstrom-Nebenschlußmotor weite Verbreitung gefunden; seine Vorteile sind die fast verlustlose Drehzahlregelung, der gute Leistungsfaktor und die Möglichkeit der direkten Einschaltung. Vielfach hat er den früher mehr benutzten Reihenschlußmotor verdrängt, vor dem er die von der Last fast unabhängige Konstanz der Drehzahl voraus hat. In der Praxis haben sich die beiden Ausführungsarten des Nebenschlußmotors mit Speisung über den Ständer und über den Läufer durchgesetzt. Ihre Wirkungsweise und ihr betriebliches Verhalten werden einer vergleichenden Betrachtung unterzogen.

Aufbau der Drehstrom-Nebenschluß-Kommutatormotoren

Die Nebenschlußmaschine besteht grundsätzlich aus einer Induktionsmaschine, deren Primärteil am Netz liegt, während der Sekundärteil mit einem Regler veränderlicher Spannung verbunden ist. Wenn der Primärteil im Ständer der Maschine untergebracht ist, spricht man von der ständergespeisten Ausführung, wenn er im Läufer liegt, nennt man die Maschine läufergespeist. Der Spannungsregler, der die drehzahlregelnde Spannung liefert, kann getrennt aufgestellt sein, aber auch teilweise oder gänzlich mit dem Primärteil der Maschine vereinigt werden. Bei den heutigen Ausführungen gibt es alle drei Arten. Der ständergespeiste Motor mit Doppeldrehregler hat einen gänzlich getrennten Regler; er besitzt ein festes Bürstenjoch. Der ständergespeiste Motor mit Einfachdrehregler besitzt einen zweiteiligen Regelapparat, der zur Hälfte außerhalb, zur Hälfte innerhalb des Primärteiles untergebracht ist. Das Bürstenjoch ist verstellbar. Beim läufergespeisten Motor ist der Spannungsregler mit dem Primärteil, also mit dem Läufer der Maschine vereinigt; er besitzt zwei gegeneinander bewegliche Joche.

Regeln der Drehzahl

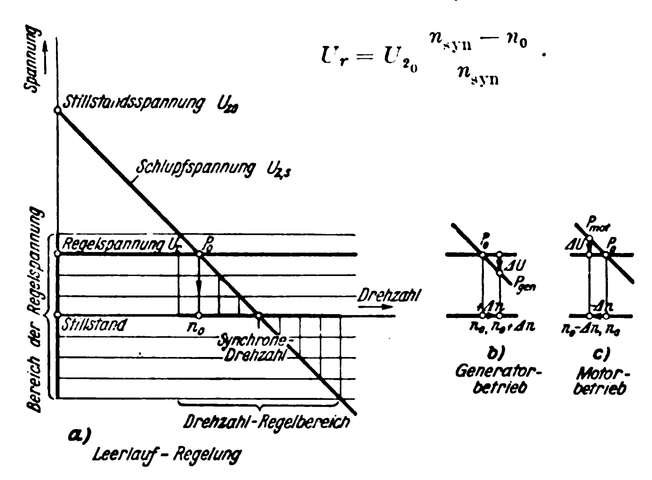
Die Drehzahlregelung des Nebenschlußmotors entspricht der einer normalen Induktionsmaschine; sie ist eine reine Spannungsregelung und vergleichbar mit der Regelung einer Gleichstrommaschine in Leonardschaltung. Man führt dem induzierten Teil der Maschine, also dem Sekundärteil, eine veränderliche Spannung zu, deren jeweilige Höhe die Geschwindigkeit bestimmt. Der einzige Unterschied gegenüber der Gleichstrommaschine besteht darin, daß dort der Regelspannung Null auch die Drehzahl Null entspricht. Bei der Induktionsmaschine gehört zur Regelspannung Null die synchrone Drehzahl, also die Schlupfdrehzahl Null. Man muß also die wahre Drehzahl bei der geregelten Gleichstrommaschine mit der Schlupfdrehzahl bei der Induktionsmaschine vergleichen.

Zu einer erhöhten Regelspannung im einen Sinn gehört eine Drehzahlzunahme, zu einer Erhöhung der Regelspannung im anderen Sinn eine Drehzahlabnahme der Maschine, gerechnet von der Synchrongeschwindigkeit aus. Die Regelspannung muß, da es sich um eine Wechselspannung handelt, drei Bedingungen erfüllen; erstens muß sie die richtige Höhe, zweitens die richtige Frequenz und drittens die richtige Phasenlage haben. Die beiden ersten Bedingungen werden von der im praktischen Betrieb befindlichen Maschine immer erfüllt; die letztere muß dagegen von Zeit zu Zeit überwacht werden. Das Überwachen ist einfach; das Außerachtlassen führt zu unzulässigen Betriebszuständen, die sich besonders in einem zu hohen Strom im Sekundärkreis der Maschine bemerkbar machen.

Die Höhe der Regelspannung U_r ist der gewünschten Schlupfdrehzahl, also der Differenz aus Synchron- und gewünschter Betriebsdrehzahl verhältnisgleich. Außerdem hängt sie von der Höhe der sekundären Stillstandsspannung der Maschine ab. Es gilt:

$$\text{Regelspannung} = \text{Stillstandsspannung} \cdot \frac{\text{Schlupfdrehzahl}}{\text{Synchrondrehzahl}},$$

$$U_r = U_{2_0} \frac{n_{syn} - n_0}{n_{syn}}.$$



a) Schlupfspannung $U_{2,s}$ und Regelspannung U_r über der Drehzahl. Der Schnittpunkt P_0 bestimmt die Leerlaufdrehzahl n_0. Der Bereich der Regelspannung ist gleich dem Bereich der Leerlaufdrehzahl mit der Synchrondrehzahl als Mittelpunkt.

b) Generatorbetrieb; Drehzahl durch Antrieb um $+\Delta n$ gesteigert. Die Schlupfspannung wird um ΔU kleiner als die Regelspannung. Die Maschine nimmt sekundär Leistung auf und gibt primär Leistung ab.

c) Motorbetrieb; Drehzahl durch Last um $-\Delta n$ gesenkt. Die Schlupfspannung wird um ΔU größer als die Regelspannung. Die Maschine gibt sekundär Leistung ab, entwickelt also ein motorisches Drehmoment.

Die Beispiele gelten für untersynchronen Betrieb.

Bild 1. Drehzahlregelung der ständer- oder läufergespeisten Induktionsmaschine.

Hierbei ist n_0 die gewünschte Leerlaufdrehzahl, die um einige Prozent über der Belastungsdrehzahl liegt. Die Begründung der Formel geht aus Bild 1 hervor. Die Schlupfspannung im Sekundärteil der Induktionsmaschine sinkt mit zunehmender Drehzahl bis auf Null im Synchronismus. Eine an die Sekundärklemmen angeschlossene Spannungsquelle beliebiger Wirkungsweise unterbindet jeglichen Sekundärstrom I_2 bei genau der Drehzahl, bei der die Schlupfspannung zu jedem Zeitpunkt innerhalb einer Schlupfperiode genau den gleichen Wert hat wie die angelegte Regelspannung. Stromlosigkeit im Sekundärkreis bedeutet Leerlauf, völliges Übereinstimmen der beiden Spannungen bedeutet gleiche Höhe der Effektivwerte, gleiche Frequenz und gleiche Phasenlage.

Geringes Abweichen der Drehzahl von der Leerlaufdrehzahl führt zum Überwiegen einer der beiden Spannungen. Die größere sendet Strom und mithin Energie in Richtung der kleineren. Dies bedeutet für den Fall einer etwas zu hohen Geschwindigkeit, wobei also die Regelspannung überwiegt, daß Energie in die zu regelnde Maschine fließt. Diese wird zum Generator. Abweichen der Drehzahl nach unten, etwa erzwungen durch plötzlich einsetzendes mechanisches Belasten, bewirkt einen Anstieg der Schlupfspannung, also Energieaustausch in Richtung von der Maschine zum sekundären Spannungsregler. Dieser Energierichtung entspricht aber eine motorische Arbeitsweise der Induktionsmaschine, also der Entwicklung eines antreibenden, die Last überwindenden Drehmomentes. Es leuchtet ein, daß Energieaustausch, Sekundärstrom und Drehzahlabfall dem Drehmoment etwa verhältnisgleich sind. Da nur geringe, im wesentlichen ohmsche Widerstände zu überwinden sind, ist der Drehzahlabfall gering; er beträgt etwa 4 bis 6 % der Synchrondrehzahl bei Nennlast. Das Verhalten der Maschine entspricht also dem einer Nebenschlußmaschine.

Die Drehzahlregelung im übersynchronen Gebiet entspricht vollkommen der im untersynchronen Bereich; nur hat sich die Phasenlage der Regelspannung umzukehren, da bei Übersynchronismus auch die Phasenlage der Schlupfspannung umgeklappt ist, wie es dem Nulldurchgang bei Synchrondrehzahl entspricht.

a) Leerlauf-regelung b) Generator-betrieb c) Motor-betrieb

Bild 2. Drehzahlregelung in vektorieller Darstellung. Vgl. Text zu Bild 1. $\Delta\mathfrak{U}_2 = \mathfrak{U}_{2,s} - \mathfrak{U}_r$ gibt die Größe und etwas phasenverschobene Richtung von $\mathfrak{I}_2$.

Bild 2 zeigt die vektorielle Darstellung der Drehzahlregelung. Dargestellt ist die sekundäre Stillstandsspannung $\mathfrak{U}_{2_0}$, auf der durch angeschriebene Werte der relativen Drehzahl v die zu diesen Werten gehörige Schlupfspannung $\mathfrak{U}_{2,s}$ angedeutet ist. Die Regelspannung $\mathfrak{U}_r$ ist für einen untersynchronen Betriebspunkt angegeben. Die Differenz $\Delta\mathfrak{U}_2$ aus Schlupf- und Regelspannung treibt den ihr etwa verhältnisgleichen sekundären Laststrom $\mathfrak{I}_2$ durch die Maschine. Dargestellt ist in a) der Leerlauf, in b) generatorisches und in c) motorisches Arbeiten.

Regeln der Blindleistung

Bild 3 zeigt, daß aber nicht nur durch eine Drehzahlabweichung, sondern auch durch eine Phasenabweichung zwischen Schlupfspannung und Sekundärspannung $\mathfrak{U}_{sek}$ ein Sekundärstrom zum Fließen gebracht werden kann. Zerlegt man die von der sekundären Spannungsquelle abgegebene Spannung $\mathfrak{U}_{sek}$ in zwei Anteile, von denen der eine in Phase mit der Schlupfspannung, der zweite senkrecht zu ihr ist, so wird offenbar nur der erstere bei einer bestimmten Leerlaufdrehzahl unwirksam. Der zweite Anteil treibt einen Blindstrom durch die Sekundärwicklung. Dies gilt unter der bisherigen Annahme von einem überwiegend ohmschen Widerstand im Sekundärkreis. Man nennt diese Spannung die Kompensationsspannung $\mathfrak{U}_k$. Die dem Blindstrom entsprechende Blindleistung geht von der sekundären Spannungsquelle zur Maschine, falls die Kompensationsspannung der Schlupfspannung nacheilt. Dies ist immer erwünscht, da hierdurch die primäre Blindleistungsaufnahme stark verringert wird. Man hält aber den Blindleistungsumsatz in solchen Grenzen, daß der sekundäre Blindstrom nicht allzu große Werte annimmt. Dies bedeutet, daß man mit dem Leistungsfaktor der gesamten Anlage nicht über 1 hinausgeht. Meistens begnügt man sich bei Nennlast mit einem Werte von etwa 0,95 bis 0,99, dem bei Leerlauf häufig eine geringe Voreilung des Netzstromes entspricht.

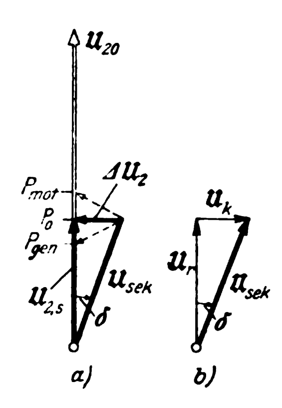


Bild 3. Drehzahl- und Phasenregelung durch Spannung $\mathfrak{U}_{sek}$ (a). Diese besteht oder kann zusammengesetzt gedacht werden aus der Regelspannung $\mathfrak{U}_r$ und der Kompensationsspannung $\mathfrak{U}_k$ (b). δ ist der Kompensationswinkel zwischen der Schlupfspannung $\mathfrak{U}_{2,s}$ und der Spannung $\mathfrak{U}_{sek}$. $\Delta\mathfrak{U}_2 = \mathfrak{U}_{2,s} - \mathfrak{U}_{sek}$ gibt die Größe und die etwas phasenverschobene Richtung von $\mathfrak{I}_2$.

Die Kompensationsspannung hat die gleichen Bedingungen zu erfüllen wie die Drehzahl-Regelspannung; sie muß also ebenfalls die gleiche Frequenz wie die Schlupfspannung haben, die genaue Phasenlage, nämlich 90° Nacheilung zu ihr besitzen und in ihrer Höhe der gewünschten Phasenverbesserung entsprechen. Die Nacheilung um 90° gilt bezüglich der Lage der Stillstandsspannung $\mathfrak{U}_{2_0}$, die im Sekundärkreis immer die Bezugsachse liefert.

Allgemeine Erzeugung der Regel- und der Kompensationsspannung

Diese beiden Spannungen haben nach vorigem gleiche Frequenz und eine gegenseitige Phasenverschiebung um 90°. Sie können entweder getrennten Spannungsquellen entnommen oder aber als eine gemeinsame Sekundärspannung U_{sek} der zu regelnden Maschine zugeführt werden. Die Komponenten von U_{sek} sind dann U_r und U_k gleichzumachen. Beide Wege werden in der Praxis beim ständergespeisten Motor beschritten. Beim läufergespeisten Motor bleibt nur die letztere Möglichkeit.

Die zu regelnde Induktionsmaschine führt in ihrem Primärteil immer Netzfrequenz, da sie unmittelbar am speisenden Netz liegt. Der induzierte Sekundärteil führt im Inneren immer Schlupffrequenz. Die ihm zuzuführende Regel- und Kompensationsspannung muß nun entweder selbst auf Schlupffrequenz umgeformt oder die Schlupffrequenz des Sekundärteiles muß in Netzfrequenz umgewandelt werden. In beiden Fällen wird also ein Frequenzwandler benötigt, wofür ein in geeigneter Weise betätigter Kontaktapparat benutzt werden kann. Bis heute verwendet man ausschließlich den von der Gleichstrommaschine her bekannten Stromwender, den man nicht getrennt aufstellt, wie es bei der Regelung großer Asynchronmaschinen der Fall ist, sondern den man unmittelbar mit der zu regelnden Maschine baulich verbindet. Da man die Bürsten in üblicher Weise ruhend anordnen möchte, wird der Stromwender mit dem bewegten Teil, also mit dem Läufer der Maschine vereinigt. Die an ihn

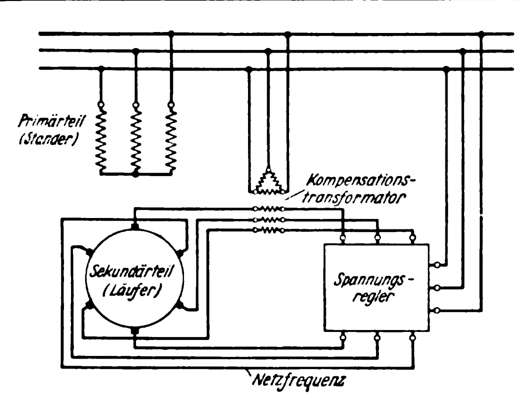


Bild 4. Ständergespeister Motor mit feststehendem Bürstenjoch. Der Spannungsregler besteht aus einem Doppeldrehregler oder Transformator mit angezapfter Sekundärwicklung oder ähnlichem. Die Sekundärwicklung des Kompensationstransformators kann im Ständer des Motors untergebracht werden.

anzuschließende Wicklung führt man als Gleichstromwicklung aus. Speist man nunmehr die Maschine über den Ständer, so tritt an den Bürsten, die auf dem Stromwender schleifen, die Netzfrequenz auf, da die Bürstenfrequenz jeglicher Stromwendermaschine immer mit der Frequenz im ruhenden Ständer übereinstimmt. Die Regelspannung muß also ebenfalls Netzfrequenz besitzen. Sie kann also in irgendeiner geeigneten Weise aus dem speisenden Netz über Drehregler, Transformatoren mit Anzapfungen oder eine Kombination solcher Geräte entnommen werden. Auf diese Weise entstehen die ständergespeisten Nebenschlußmaschinen. Ihre Schaltung ist in Bild 4 und 5 wiedergegeben. Man beachte, daß in den zugänglichen Teilen überall Netzfrequenz herrscht.

Legt man das Primärnetz dagegen über Schleifringe an die Läuferwicklung, die man anderseits an den Stromwender angeschlossen hat, so tritt, wie bei jeder läufergespeisten Maschine, in der Ständerwicklung Schlupffrequenz auf. Also tritt auch zwischen den Bürsten des Stromwenders Schlupffrequenz auf. Die Spannung zwischen den Bürsten hat nun aber, und dies ist genau so wichtig, eine von der Drehzahl unabhängige Höhe, da sie ja ausschließlich von der unveränderlichen Spannung zwischen den Schleifringen bestimmt wird. Der Läufer stellt nichts anderes als einen Einankerumformer dar, bei dem zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung bekanntlich ein festes Verhältnis besteht. Verändert man die gegenseitige Entfernung zweier Bürsten, so wird sich in Abhängigkeit des gegenseitigen Winkels die abgegriffene Spannung ändern. Stehen die Bürsten im Durchmesser wie im zweipoligen Schema, so ist die abgegriffene Spannung am größten, stehen sie auf der gleichen Stelle

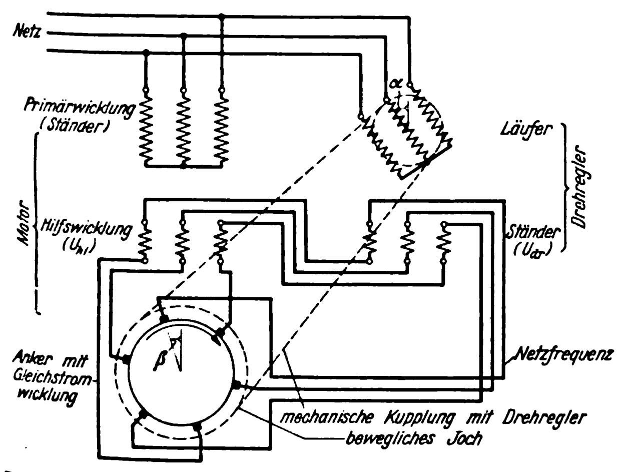


Bild 5. Ständergespeister Motor mit Einfachdrehregler und Hilfswicklung; Bürstenjoch und Drehregler sind gemeinsam verstellbar.

bzw. nebeneinander, so ist die Spannung Null. Man hat also beim läufergespeisten Motor den Frequenzwandler mit dem Spannungsregler vereinigt. Da die Netzspannung 220 bis 500 V beträgt, die Stromwenderspannung aber nur bis zu etwa 100 V betragen darf, legt man bei der praktischen Ausführung in den Läufer einen Transformator, dessen Primärwicklung eine in Stern oder Dreieck geschaltete Drehstromwicklung ist, während die Sekundärwicklung die bereits erwähnte, an den Stromwender angeschlossene Gleichstromwicklung in Schleifen- oder Wellenausführung ist. Beide Wicklungen gehören aber der Arbeitsweise nach zum Primärteil der Maschine.

Die Schaltung der läufergespeisten Maschine ist in Bild 6 gezeigt. Der Sekundärteil, also die Ständerwicklung, ist mit dem Spannungsregler, also mit dem Bürstenapparat, verbunden. Dieser besteht aus zwei gegeneinander beweglichen Jochen. Man beachte, daß die drei oder auch beliebig vielen Ständerphasen nicht miteinander verkettet werden können, da der Spannungsmittelpunkt der einzelnen Ständerphasen nur in den beiden äußersten Stellungen der Joche zusammenfällt.

Bei Messungen ist zu beachten, daß nur in den Schleifringzuleitungen Netzfrequenz herrscht. In allen anderen zugänglichen Leitungen pulsiert Strom und Spannung dagegen mit Schlupffrequenz, die bei reinem Synchronismus Null wird. Dann herrscht im ganzen Sekundärteil Gleichstrom, die Maschine entspricht einem motorisch betriebenen normalen Einankerumformer und zeigt tatsächlich infolge der unvermeidlichen magnetischen Unsymmetrien ein schwaches synchronisierendes Verhalten.

Besondere Erzeugung der Drehzahlregelspannung U_r

Wenn man in Bild 4 den dort allgemein mit Spannungsregler angedeuteten Apparat durch einen Doppeldrehregler ersetzt, erhält man einen Nebenschlußmotor mit festem Bürstenjoch. Die Regelspannung hat als Höchstwert die algebraische Summe der Spannungen der beiden Einzeldrehregler und verändert ihren Wert beim Betätigen des Verstellorganes ohne Sprung auf Null und darüber hinaus auf den negativen Höchstwert. Die Phasenlage der Regelspannung bleibt erhalten. Mithin kann das Bürstenjoch in der einmalig richtig eingestellten Lage stehenbleiben. Der Wirkstrom in der Ständerwicklung des Motors ist bei konstantem Drehmoment unabhängig von der Drehzahl, also unabhängig von der Wirkleistung, die dem Netz entnommen wird. Die untersynchron zuviel aufgenommene Wirkleistung geht als Schlupfleistung über den Doppeldrehregler an das Netz zurück. Übersynchron wird der Motor zusätzlich über den Doppeldrehregler gespeist.

Selten führt man den Spannungsregler als Transformator mit sekundär angezapfter Wicklung aus. Die Verhältnisse entsprechen, bis auf die nur sprungweise Regelung, denen beim Doppeldrehregler. Wenn man den Transformator in den Ständer des Motors verlegt und ihn außerdem in Sparschaltung ausführt, erhält man den früher vielfach ausgeführten Winter-Eichberg-Motor. Wegen der mechanischen Schwierigkeiten in der Ausführung wird dieser heute zugunsten des Motors mit Einfachdrehregler nicht mehr hergestellt. Bei diesem Motor nahm die Ständerwicklung als die einzige am Netz liegende Wicklung nur einen Wirkstrom entsprechend dem Drehmoment und der Drehzahl auf. Die Rücklieferung bzw. die Zusatzspeisung um den Betrag der Schlupfleistung geschah über die gleiche Wicklung.

Wenn man beim Doppeldrehregler nur einen der beiden Teilregler betätigt, während man den anderen stehen läßt, so ergibt sich ebenfalls eine Spannungsregelung. Der gesamte Verstellweg des Einzelreglers muß aber nunmehr doppelt so groß werden, also 360° betragen. Außerdem behält die Summenspannung nicht mehr ihre Phasenlage bei, sondern schwenkt um insgesamt 180°. Man kann aber, und hierin liegt der große Vorteil, den

nicht mehr beweglichen Regler durch einen festen Transformator ersetzen, den man zudem in den Ständer des Motors verlegen kann. Dann erhält man den ständergespeisten Motor nach Bild 5. Dieser Motor muß ein bewegliches Bürstenjoch erhalten, damit keine Phasenverschiebung zwischen der zugeführten Regelspannung und der Bürstenspannung auftritt. Wenn der Regler um den Winkel α verschoben wird, muß die Bürstenbrücke um den halben Winkel verdreht werden. Dies bedingt eine zwangläufige Kupplung der beiden beweglichen Elemente, die in Bild 5 angedeutet ist. Die mechanische Übersetzung muß etwa 2 : 1, multipliziert mit dem Polzahlverhältnis von Motor und Drehregler, betragen.

Der Vorteil dieser Schaltung ist die auf die Hälfte verringerte Blindstromaufnahme des Spannungsreglers und der verkleinerte Aufwand, da die zusätzliche Hilfswicklung im Ständer des Motors diesen kaum vergrößert, wofür aber der ganze Einfachregler eingespart wird. Zusätzlich ist aber das feste Joch durch ein bewegliches zu ersetzen. Die Hilfswicklung im Ständer gibt, da sie eine unveränderliche Achse besitzt, die Bezugsachse für das Bürstenjoch und den Drehregler. Beide müssen daher nach der Hilfswicklung ausgerichtet werden.

In Bild 7 A ist die vektorielle Darstellung für verschiedene Geschwindigkeiten des Motors gezeigt. Man erkennt, daß in der Stellung höchster Drehzahl zwar der Drehregler wieder die gleiche Stellung wie bei tiefster Drehzahl angenommen hat, das Bürstenjoch jedoch um 180 ° dagegen verschoben ist. Die Schlupfleistung geht bei dieser Art von ständergespeistem Motor nur zum Teil über den Einfachregler, zum anderen Teil über die Hilfswicklung.

Der Motor mit Doppel- und der mit Einfachdrehregler sind die beiden wichtigsten Ausführungsarten der ständergespeisten Motoren. Bei beiden folgt die Regelspannung U_r einem Kosinusgesetz über dem Verstellwinkel bzw. dem halben Verstellwinkel. Mithin ist auch der Verlauf der Drehzahl bei Leerlauf und angenähert bei Last eine Kosinuslinie, deren Mittellinie die synchrone Drehzahl ist. Dies bedeutet, daß im mittleren Drehzahlbereich eine lineare Abhängigkeit zwischen Verstellweg und Geschwindigkeit besteht. Zu beiden Enden des Bereiches entspricht einer starken Verstellung nur noch eine geringe Drehzahländerung.

Beim läufergespeisten Motor gibt es nur die eine erwähnte Möglichkeit, die Drehzahlregelspannung zu beschaffen. Bild 8 A zeigt die vektorielle Darstellung gleichzeitig mit der räumlichen Bürstenstellung im zweipoligen Schema. Auch hier folgt die Höhe der Regelspannung einem Kosinusgesetz, und zwar in Abhängigkeit des mittleren Winkels, den die Bürsten mit der Ausgangstellung einschließen. Die Drehzahlkennlinie über diesem Winkel nimmt also den gleichen Verlauf wie bei den beiden ständergespeisten Maschinen. Die Regelspannung wird durch zwei getrennte Bürstensätze abgegriffen, die nebeneinander auf dem Stromwender schleifen. Jedes der beiden Joche hat einen Verstellweg von 180 °, der gegenseitige Winkel hat einen Weg von 360 °. Die Phasenlage der abgegriffenen Spannung ist konstant, sofern die Bürstenverschiebung beider Joche entgegengesetzt gleich ist; sie deckt sich mit der Sehne zwischen zwei zusammengehörigen Bürsten. Diese Richtung muß mit der zugehörenden Ständerwicklung übereinstimmen, d. h. daß auch beim läufergespeisten Motor der Bürstenapparat einmal richtig ausgemessen werden muß. Die Bezugsachse gibt die unveränderliche Ständerwicklung.

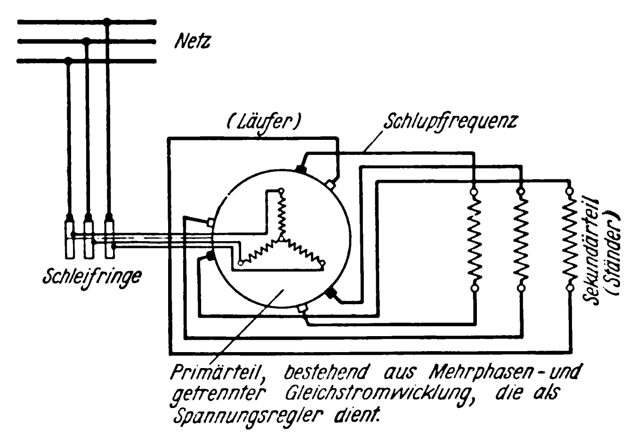
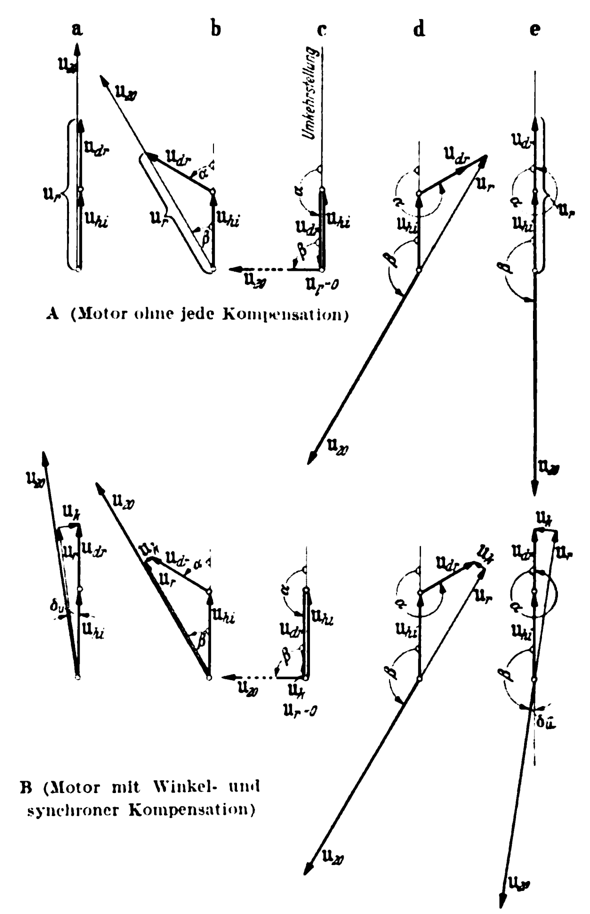


Bild 6. Läufergespeister Nebenschlußmotor. Schwarze Bürsten werden in einem, helle Bürsten im anderen Sinn verstellt. Durch Annähern der zu je einer Sekundärphase gehörenden beiden Bürsten wird die abgegriffene Regelspannung verkleinert.



A für Motoren ohne Kompensation ($U_{hi} = U_{dr}$, $\beta = 1/2\,\alpha$) und B für Motoren mit „synchroner Kompensation" ($U_{hi} - U_{dr}$) und mit „Winkelkompensation" $\left(\beta = \delta_u + \frac{\alpha}{2\,(1 + p\ \%/100)}\right)$.

Es gilt Diagramm a für tiefste, b für untersynchrone, c für synchrone, d für übersynchrone und e für höchste Drehzahl.

U_r ist die drehzahlregelnde, U_k die phasenregelnde Komponente von ($U_{hi} + U_{dr}$) und U_{2_0} die Ankerstillstandsspannung.

Bild 7. Spannungsdiagramme des Motors mit Einfachdrehregler bei offenem Ankerkreis.

Da beim läufergespeisten Motor nur eine Wicklung am Netz liegt, geschieht der Austausch der Schlupfleistung ebenfalls über diese. Der Primärwicklung fließt also nur so viel Energie zu, wie dem Drehmoment und der Drehzahl entspricht. In dieser Hinsicht verhält sich die Maschine also wie der früher benutzte Winter-Eichberg-Motor.

Besondere Erzeugung der Kompensationsspannung

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten zum Erzeugen der Kompensationsspannung U_k. Die erste ist in Bild 4 wiedergegeben; sie ist nur beim ständergespeisten Motor möglich. Man führt in den Sekundärkreis, in dem Netzfrequenz herrscht, eine Spannung ein, die senkrecht

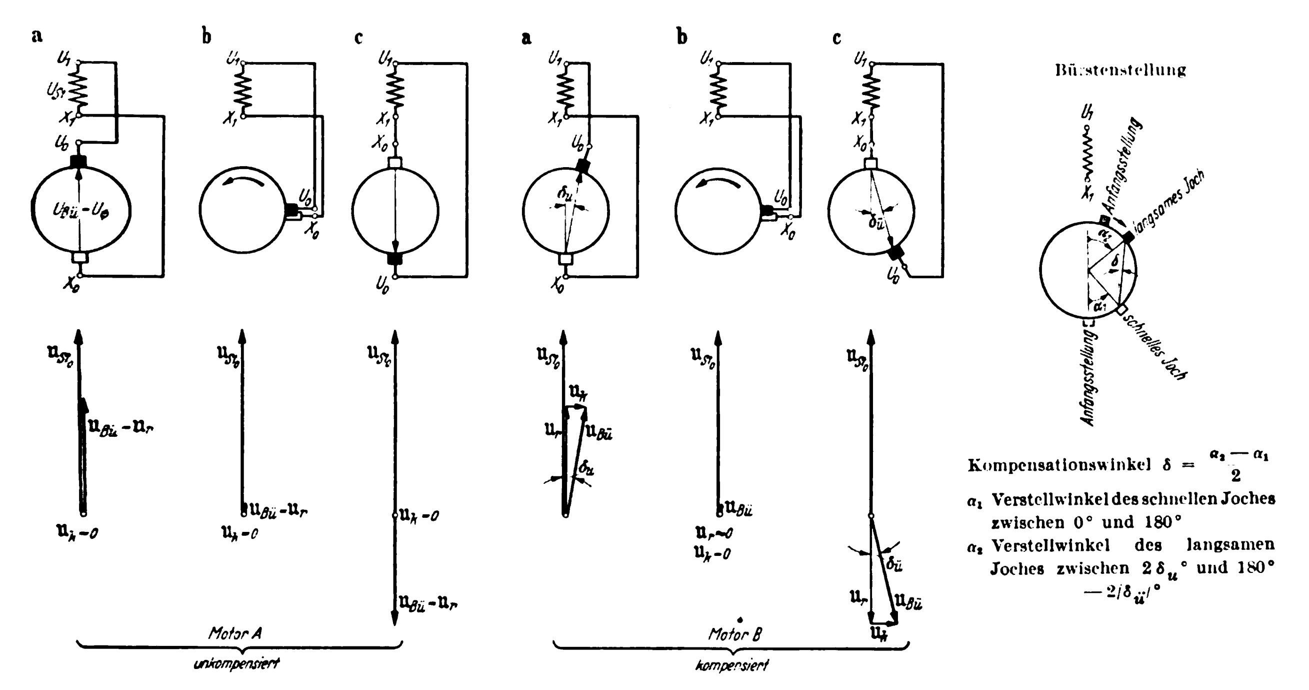


Bild 8. Bürstenstellungen und Spannungsdiagramme des läufergespeisten Motors für unkompensierte und für kompensierte Maschinen. Es gilt a für kleinste, b für synchrone, c für übersynchrone Drehzahl. Rechts allgemeine Stellung. $U_{\varnothing}$ ist die Durchmesserspannung des Ankers, U_r die drehzahlregelnde Komponente, U_k die phasenregelnde Komponente der Bürstenspannung $U_{Bü}$. U_{st_0} ist die Spannung der Ständerwicklung bei Stillstand und offenem Sekundärkreis, für den auch die Diagramme gelten.

zur Schlupfspannung steht. Bleibt deren Phasenlage erhalten, wie dies nur bei feststehendem Bürstenjoch der Fall ist, so behält auch die eingeführte Spannung ihre richtige Lage bei jeder Drehzahleinstellung bei. Dies ist also nur bei Schaltungen nach Bild 4 der Fall. Ändert sich dagegen betriebsmäßig die Bürstenstellung, so wird die z. B. bei Untersynchronismus richtige Lage der Kompensationsspannung sich genau in ihr Gegenteil verwandeln, wenn das Joch bei Übersynchronismus um 180° geschwenkt wurde. Führt man aber eine Kompensationsspannung so ein, daß sie genau bei Synchronismus, also in der mittleren Bürstenstellung, richtig wirkt, so wird ihre Wirksamkeit zwar nach beiden Regelrichtungen hin schwächer werden und in den äußersten Stellungen sogar auf Null abnehmen, aber im Mittel wird sie richtig wirken. Diese Kompensationsspannung wird bei allen Maschinen mit Einfachdrehregler (Bild 5) benutzt. Man entnimmt sie keinem besonderen Transformator, sondern einer im Ständer des Motors untergebrachten Wicklung. Da diese genau die gleiche Achse wie die Hilfswicklung hat, vereinigt man sie mit dieser, indem man ihre Windungszahl etwas erhöht. Dies gilt für den Fall, daß man das Joch beim Höherregeln entgegen der Drehrichtung betätigt. Würde man umgekehrt verfahren, so müßte die Kompensationsspannung die umgekehrte Richtung der Hilfsspannung haben. In diesem sehr seltenen Falle müßte die Spannung der Hilfswicklung verkleinert werden. Da die Kompensationsspannung nur im Bereich der synchronen Drehzahl voll wirksam ist, nennt man sie in der Praxis die synchrone Kompensationsspannung $U_{k,\mathrm{syn}}$.

Beim läufergespeisten Motor kann keine derartig feste Spannung zum Kompensieren der Blindleistung eingeführt werden; sie wäre bei Synchronismus nur durch ein Verdrehen der Bürstenachse um 90° aus der Betriebsstellung und geringes Entfernen der zusammengehörigen Bürsten zu erreichen. Es ist klar, daß dann der Übergang in die Betriebsstellung höherer oder niederer Drehzahl nicht zwanglos stattfinden könnte. Hierbei sei an die heute nicht mehr gebauten, läufergespeisten Asynchronmotoren der kompensierten Ausführung erinnert, die genau die besprochene Schaltung hatten. Da diese Maschinen nicht in der Drehzahl geregelt, sondern nur in der Phase verbessert werden sollten, konnte man die Stromwenderspannung ausschließlich zu diesem Zwecke benutzen. Dort stand also die Bürstenachse, die unveränderlich war, senkrecht zur Achse der Ständerwicklung.

Die zweite Möglichkeit, eine Kompensationsspannung senkrecht zur Schlupfspannung zu bilden, besteht bei sämtlichen Nebenschlußmotoren im Verdrehen der Schlupfspannung gegenüber der Regelspannung. Dies geht aus Bild 3 hervor. Die Schlupfspannung muß voreilend, also die Sekundärspannung U_{sek} nacheilend sein. Diese gegenseitige Phasenverschiebung wird beim ständer- und beim läufergespeisten Motor in der gleichen Weise erzielt. Untersynchron hat man die Bürstenachse entgegen der Drehrichtung des Stromwenders zu verschieben. Übersynchron hat man das Gegenteil zu machen, also das Verschieben im Sinne der Drehrichtung vorzunehmen, in der der sekundär kurzgeschlossene Motor anlaufen würde. Diese Richtung stimmt immer mit der Betriebsdrehrichtung überein. Die Bürstenverschiebung untersynchron bewirkt also übersynchron gerade das Gegenteil und umgekehrt. Will man sowohl unten wie oben die Phase verbessern, so hat man den gesamten Verstellweg des Joches zu verkürzen. Bezeichnet man den untersynchronen Kompensationswinkel mit δ_u, den übersynchronen mit $\delta_{ü}$, so ist deren Summe für den verkürzten Weg maßgebend. Über dem Verstellwinkel wird sich dann ein Kompensationswinkel δ ergeben, der den linearen Übergang zwischen den beiden äußersten Werten darstellt.

Die dem Kompensationswinkel δ entsprechende Kompensationsspannung soll die Winkelkompensationsspannung $U_{k,\sphericalangle}$ genannt werden. Wie Bild 9 für den ständergespeisten Motor mit Einfachdrehregler zeigt, ist ihre Höhe in guter Annäherung vom Betrag des Kompensationswinkels δ und der jeweiligen Regelspannung U_r abhängig. Näherungsweise ist hierbei der Sinus des kleinen Winkels gleich seinem Bogen gesetzt. Genau das gleiche gilt beim läufergespeisten Motor. Allgemein läßt sich sagen:

$$U_{k,\sphericalangle} = U_r \frac{\delta}{57{,}3},$$

worin U_r die Regelspannung, δ der Kompensationswinkel in Graden und 57,3 der Einheitswinkel, also $180°/\pi$ ist.

Da die Regelspannung nach obigem einem Kosinusgesetz folgt, δ eine beliebig verlaufende Gerade über dem Winkel des Verstellorganes ist, so wird $U_{k,\sphericalangle}$ einen etwas verwickelten Verlauf nehmen. Insbesondere wird der Wert in der Nähe der synchronen Drehzahl recht klein werden, da dort erstens die Regelspannung und zweitens der Kompensationswinkel selbst klein werden. Bild 10 a zeigt den Verlauf einer solchen Winkelspannung für die beiden Werte $\delta_u = 5°$ und $\delta_{\ddot{u}} = 3°$. Im gleichen Bild ist der Verlauf einer synchronen Kompensationsspannung und schließlich noch die Summe beider für den Fall einer Maschine mit Einfachdrehregler wiedergegeben.

Mechanische Übersetzung bei Maschinen mit beweglichen Bürsten

Beim ständergespeisten Motor mit Einfachdrehregler (Bild 5) und beim läufergespeisten Motor nach Bild 6 ist eine mechanische Kupplung zwischen zwei beweglichen Gliedern, im ersten Fall zwischen Drehreglerläufer und Bürstenbrücke, im zweiten Fall zwischen den beiden gegenläufigen Brücken, notwendig. Bei zweipoliger Ausführung der Maschinen und des Reglers müßte die Übersetzung 2 : 1 bzw. 1 : 1 sein, wobei nur an eine reine Drehzahlregelung gedacht werden soll. Wird außerdem

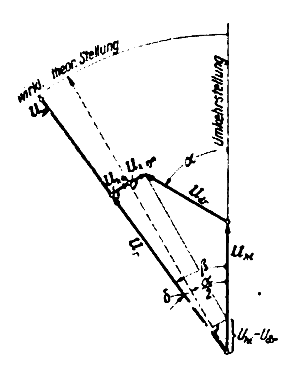
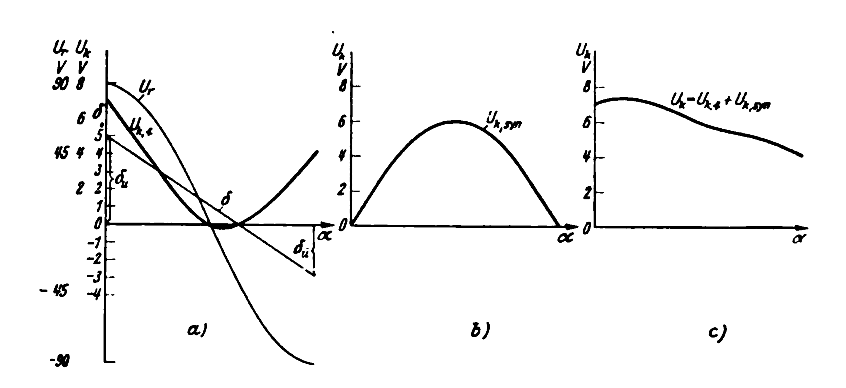


Bild 9. Spannungsvektoren beim ständergespeisten Nebenschlußmotor mit synchroner und mit Winkelkompensationsspannung (untersynchroner Zustand).



a) Winkelkompensationsspannung b) synchrone Kompensationsspannung c) Überlagerung beider Spannungen

Der Verlauf der Kompensationsspannung kann angenähert durch Aufnahme des Leerlaufstromes im Sekundärteil ermittelt werden, da eine hinreichende Proportionalität besteht.

Bild 10. Verlauf der Kompensationsspannung über dem Verstellwinkel bei Maschinen mit verstellbarem Joch.

Man erkennt, daß man beim läufergespeisten Motor nur zwei Werte der Kompensationsspannung, vornehmlich die Werte bei tiefster und bei höchster Drehzahl, wählen kann. Bei Synchronismus ist die Kompensationsspannung immer Null. Dort verhält sich die Maschine wie eine normale Asynchronmaschine.

Beim ständergespeisten Motor mit Einfachdrehregler kann man drei Werte frei wählen, nämlich bei tiefster, höchster und bei synchroner Geschwindigkeit. Beim ständergespeisten Motor mit festem Joch kann man zwei Werte frei bestimmen. Durch Einführen einer unveränderlichen Kompensationsspannung, die als synchrone Spannung anzusprechen ist, und ein zusätzliches, einmaliges Verstellen des Joches entgegen der Drehrichtung erhält man willkürlich den Grad der Phasenverbesserung bei Synchronismus und einer beliebigen Drehzahl. Meistens verbessert man zusätzlich den $\cos\varphi$ bei der tiefsten Drehzahl. Die Verringerung bei der höchsten Drehzahl muß man dann in Kauf nehmen, da der einmal eingestellte untersynchrone Winkel δ_u wegen der Unbeweglichkeit des Joches übersynchron in sein Gegenteil übergeht.

Der Bedarf der Nebenschlußmaschine an Kompensationsspannungen fällt mit steigender Drehzahl stark ab, da bei übersynchronem Lauf eine natürliche Phasenverbesserung eintritt. Meistens stellt man die Spannungen so ein, daß untersynchron bei Leerlauf im Sekundärkreis ein Blindstrom von etwa 50 bis 100 %, synchron ein etwa gleich großer Strom und übersynchron ein Strom von 0 bis 30 % fließt. Nur bei Maschinen, die für quadratisch mit der Drehzahl ansteigendes Drehmoment arbeiten, die also bei tiefer Drehzahl fast entlastet laufen, verzichtet man durchweg auf die untersynchrone Kompensation. Ebenfalls verzichtet man auf die Kompensation bei Maschinen, die betrieblich oft umgekehrt werden, und bei kleineren Motoren, bei denen das Betätigen des Verstellorganes stets in einem Sinne, unabhängig von der Drehrichtung, vorgenommen werden soll. Bild 7 B und 8 B zeigt Vektorbilder von Motoren mit Winkelkompensation.

eine Kompensation der Maschine verlangt, so ist die Übersetzung etwas abweichend zu gestalten. Wenn die Bürstenachse (beim läufergespeisten Motor also die Verbindung zwischen zwei zusammengehörigen Bürsten) untersynchron den Winkel δ_u und übersynchron den Winkel $\delta_{\ddot{u}}$ im entgegengesetzten Sinn gegenüber der nichtkompensierenden Stellung einnehmen soll, so muß man machen:

$$\ddot{u} = 2 \cdot \frac{180°}{180° - (\delta_u + \delta_{\ddot{u}})}$$

beim Motor nach Bild 5 und

$$\ddot{u} = 1 \cdot \frac{180°}{180° - 2\,(\delta_u + \delta_{\ddot{u}})}$$

beim Motor nach Bild 6. Letztere Beziehung gilt unabhängig von der Polzahl der Maschine immer. Erstere Beziehung gilt nur, wenn Motor und Drehregler gleiche Polzahl haben. Im anderen Fall erhält man das wirkliche $\ddot{u}'$ zu:

$$\ddot{u}' = 2 \cdot \frac{2\,p_{\text{mot}}}{2\,p_{\text{regler}}} \cdot \frac{180°}{180° - (\delta_u + \delta_{\ddot{u}})}$$

beim Motor nach Bild 5 mit verschiedenen Polzahlen im Motor und im Regler. Man erkennt, daß die Abweichungen nur gering sein werden, da die Kompensationswinkel etwa in der Größe von 5 bis 10° liegen. Um so größere Sorgfalt ist auf das werkstattmäßige Einhalten der theoretisch erforderlichen Maße der Übertragungsglieder zu verwenden.

Beim läufergespeisten Motor ergibt die vom Werte 1 : 1 abweichende Übersetzung offenbar ein „schnelles" und ein „langsames" Joch. Meistens verstellt man das schnelle Joch um einen gesamten elektrischen Winkel von 180°, das langsame Joch nur um einen Winkel von $180° - 2\,(\delta_u + \delta_{\ddot{u}})$. Zu beachten ist, daß das schnelle Joch in der Drehrichtung zu verstellen ist, wenn man die Maschine auf höhere Drehzahl einstellt.

Bei der ständergespeisten Maschine gibt es nur das langsame Joch. Dieses ist gegen die Drehrichtung beim Höherregeln zu verdrehen. In beiden Fällen hat man also die gemeinsame Verstellregel zu beachten, daß das langsame Joch entgegen dem Drehsinn des Stromwenders zu verstellen ist, wenn man auf höhere Drehzahl kommen will.

Ungewolltes Beeinflussen der Kompensation durch einmalige Bürstenverschiebung

Von allen Kompensationsspannungen werden im Betrieb nur die mit Sicherheit eingehalten, die durch feste, einer Wicklung entnommene Spannungen dargestellt werden. Die Winkelspannungen dagegen unterliegen in der Praxis u. U. ungewünschten Veränderungen. Nur in einer einzigen Ausgangsstellung der Bürstenachse werden bei festen und beweglichen Bürsten die gewünschten Bedingungen erfüllt. Ändert sich durch einen mechanischen Einfluß diese Lage durch Verschieben des festen Joches oder Verrutschen der Seile, Ketten oder anderer Übertragungsglieder bei den beweglichen Jochen, so überlagert sich der Bürstenachse ein Fehlwinkel $\Delta\delta$, der untersynchron und übersynchron in entgegengesetzter Weise die Kompensation verändert. Die Folge ist in jedem Falle, daß mindestens in einem der beiden Drehzahlbereiche ein erhöhter Ankerstrom wegen des erhöhten Umsatzes an Blindleistung eintritt. Hierdurch wird meistens die Stromwendung und die Erwärmung sowie die Lebensdauer von Bürsten und Stromwender ungünstig beeinflußt. Übrigens entsteht ein grober Fehler, wenn man nunmehr zum Verbessern der schlechter gewordenen Stromwendung zu neuen Bürstenhaltern greift, da nur in den seltensten Fällen damit zu rechnen ist, daß hierdurch nicht ein weiteres Verschieben der richtigen örtlichen Bürstenauflage eintritt.

Die Verschiebung kann räumlich betrachtet klein sein, da schon ein Verlagern der Bürsten um etwa 1 bis 2 Segmente zusätzliche Ströme von 100 % des Nennstromes durch die Sekundärwicklung treibt. Das einfachste Gegenmittel besteht in der regelmäßigen Kontrolle der Ausgangsstellung der beweglichen Teile oder der Dauerstellung der unbeweglichen Brücke. Vom Hersteller werden Marken vorgesehen, die meistens für Rechtslauf, Linkslauf und auch für Umkehrbetrieb gelten. Die Einstellung muß natürlich für den jeweiligen Betriebszustand der Maschine vorgenommen und überwacht werden. Beobachtet man ein Verlagern der Teile in der Ausgangsstellung gegenüber den Marken, so entkuppelt man eines der Glieder, richtet es aus und kuppelt wieder ein. Ein gutes Hilfsmittel im Betrieb ist ein Strommesser im Sekundärkreis, bei dem eine rote Marke den nicht zu überschreitenden Nennstrom anzeigt. Ein Überschreiten kann natürlich auch an einem Überlasten der richtig arbeitenden Maschine liegen. Viel häufiger ist aber der Fall falschen Kompensierens. Sobald dieser Verdacht besteht, kontrolliert man die Ausgangsstellung.

Wenn man während des Betriebes einen zu hohen Sekundärstrom bemerkt und die Maschine nicht abstellen kann, ist es möglich, vom Fall der Überlastung abgesehen, durch einen mechanischen Eingriff den Strom zu verringern. Man entkuppelt vorsichtig das Joch oder eines der beiden Joche und bewegt es probeweise etwas in Drehrichtung oder aber entgegengesetzt zu ihr. Stellt man fest, daß der Sekundärstrom sinkt, so ist die Maßnahme richtig. Steigt er weiter an, so muß man umgekehrt wie anfangs verschieben. Man beobachtet ein ausgesprochenes Minimum des Stromes, das dem sekundären $\cos\varphi = 1$ entspricht. Unter diesen Strom kann man nie gelangen, da er zum Bilden des benötigten Drehmomentes erforderlich ist. Wenn man die zugehörige Stellung des Joches festgestellt hat, tut man gut, dasselbe untersynchron wieder etwas entgegen der Drehrichtung zu verschieben, ehe man es wieder einkuppelt. Übersynchron dagegen hat man es aus der Stellung des Stromminimums etwas im Sinne der Drehrichtung zu verstellen. Wenn der Sekundärstrom dann einen Wert von etwa 10 bis 20 % mehr annimmt als beim Minimum, arbeitet der Motor unter günstigen Verhältnissen mit genügender Phasenverbesserung im Primärteil.

Einstellen des Nebenschlußmotors

Bei der ersten Inbetriebnahme wird der Nebenschlußmotor wie jede andere Stromwendermaschine für Gleichstrom, Wechselstrom oder Drehstrom einer Einstellung unterzogen. Man versteht hierunter das Aufsuchen der richtigen gegenseitigen Lage der Bürsten und der anderen Glieder. Bevorzugt sucht man die Umkehrstellung auf; das ist jene Stellung, in der die Maschine gleiches Verhalten für Links- und Rechtslauf zeigt. Meistens unterscheidet sich die wirkliche Ausgangs- oder Betriebsstellung um den kleinen untersynchronen Kompensationswinkel δ_u von dieser Umkehrstellung. Bei der Maschine mit Doppeldrehregler oder sonstiger Regelspannungsquelle unveränderlicher Phasenlage ist nur das später unbewegliche Joch einzustellen. Beim Motor mit Einfachregler ist sowohl dieser als auch das Joch in Umkehrstellung zu bringen. Beim läufergespeisten Motor muß man jedes Joch für sich einstellen. Die Umkehrstellung ist bei sämtlichen Nebenschlußmotoren durch die beiden gleichen Bedingungen gekennzeichnet: tiefste Leerlaufdrehzahl und praktische Stromlosigkeit im Sekundärkreis. Eine scharfe Probe der wahren Umkehrstellung ist gleiches Verhalten in beiden Drehrichtungen.

Spannungs-, Drehzahl- und Stromausmessungen

Die Spannungsausmessung empfiehlt sich bei neuangelieferten oder umgewickelten Maschinen. Man öffnet sekundär alle Phasen und legt die Primärwicklungen an das Netz verringerter Spannung. Dann verstellt man den Spannungsregler so lange, bis die höchste Spannung angezeigt wird. Darauf verdreht man die Bürstenachse so lange, bis an der offenen Stelle jeder Phase die kleinste Spannungsdifferenz auftritt. (Bei Maschinen in Dreibürstenschaltung muß man eine Zuleitung geschlossen lassen.) Dann liegt offenbar die ganze Regelspannung und die sekundäre Stillstandsspannung in Phase. Nunmehr schließt man den Sekundärkreis und kontrolliert die obengenannten Bedingungen.

Die Drehzahl- und Stromausmessung benutzt man, wenn die Maschine voraussichtlich fast richtig steht. Man legt die fertig geschaltete Maschine an verringerte Spannung und betätigt das Verstellorgan so lange, bis sich tiefste Drehzahl einstellt. Dann entkuppelt man das Joch bzw. eines der beiden Joche und verschiebt es vorsichtig so weit in der einen oder anderen Richtung, bis der Sekundärstrom praktisch verschwindet. Man kuppelt wieder ein und stellt u. U. durch feinfühliges Probieren noch genauer auf tiefste Drehzahl ein.

Die betriebliche Ausgangsstellung unterscheidet sich, falls untersynchrone Kompensation verwandt wird, nur um den kleinen Verschiebungswinkel δ_u des Joches entgegen der Drehrichtung von der Umkehrstellung; sie ist also für beide Drehrichtungen verschieden.

Drehrichtungsumkehr

Bei Umkehr der Drehrichtung gelten ebenfalls für alle Ausführungsarten gleiche Grundsätze. Am einfachsten ist die Umkehrung bei Maschinen ohne jede Kompensation: Man vertauscht zwei der Netzzuleitungen. Bei ständergespeisten Maschinen muß das Vertauschen im gemeinsamen Teil der Zuleitungen zu Motor und Spannungsregler vorgenommen werden.

Beim Tausch zweier Zuleitungen klappen alle Spannungsvektoren um die dritte liegengebliebene Phase um. Dies bedeutet, daß in Phase gelegene Spannungen wiederum in Phase liegen. In der Phase abweichende Vek-

toren kehren ihren Verschiebungswinkel aber in das Gegenteil. Das bedeutet, daß alle nacheilenden Winkel zu voreilenden werden und umgekehrt. Wurde daher bei kompensierten Maschinen die Kompensationsspannung einem besonderen Transformator oder einer Ständerwicklung entnommen, so müssen Anfang und Ende aller Phasen einer Wicklungsgruppe miteinander getauscht werden. Bei der Kompensierung durch Bürstenverschiebung hat man den bisherigen Winkel rückgängig zu machen und ihn in der anderen Richtung erneut einzustellen. Beim Motor mit Einfachdrehregler dreht man die synchrone Kompensationsspannung dagegen nicht um, sondern betätigt das Joch im umgekehrten Sinn, ändert also die Stellung des Bürstenjoches bei Synchronismus um 180°. Bei der kompensierten läufergespeisten Maschine muß man ebenfalls in anderer Richtung regeln, sofern man nicht durch einen mechanischen Eingriff aus dem bisher langsamen Joch das schnelle und umgekehrt aus dem schnellen das langsame macht. Diese letzteren Maßnahmen sind notwendig, damit auch der übersynchrone Kompensationswinkel bei der neuen Drehrichtung erhalten wird. Um diese an sich unerwünschten Schwierigkeiten zu vermeiden, verzichtet man mitunter auf die aus anderen Gründen stets erwünschte Phasenverbesserung. Dann können die Motoren durch bloßen Phasentausch umgesteuert werden und die Verstellorgane die einmalige Richtung beibehalten.

Zusammenfassung

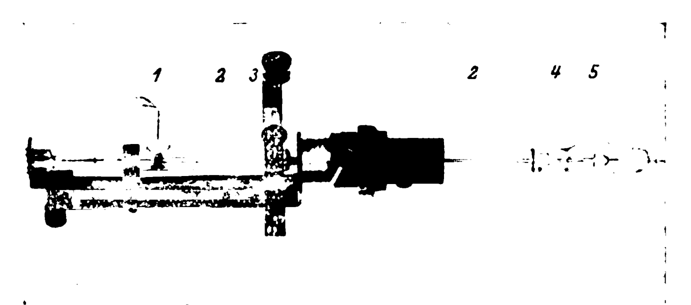
Die Nebenschlußmaschinen für Drehstrom mit Stromwender haben bei Ständer- und bei Läuferspeisung fast alle Eigenschaften und Bedingungen gemeinsam. Dies gilt insbesondere für die erwünschte und unerwünschte Beeinflussung des Betriebes durch Verschieben der Bürstenachse aus der theoretischen, nur der Drehzahlregelung dienenden Stellung. Das Überwachen im Betrieb ist daher bei beiden Maschinen notwendig und mit kleinem Aufwand durchzuführen. Zeigen sich im Betrieb zu hohe Läuferströme, so besteht meistens der Verdacht auf unrichtige Bürstenstellung, und es empfiehlt sich der einfache Versuch, durch probeweises Verschieben des entkuppelten Joches den Läuferstrom auf einen Wert knapp über seinem Mindestwert zu beschränken. Lebensdauer und Betriebssicherheit werden dadurch bei beiden Gattungen von Nebenschlußmotoren erhöht.

Indirekte Modulation von Zentimeterwellen[1])

DK 621.396.619.029.64

Die Modulation von ultrakurzen Wellen im Bereich von 1 bis 10 cm nach dem direkten Verfahren bereitet erhebliche Schwierigkeiten. Da die in diesem Wellenbereich verwendeten Magnetfeldröhren nur einen schlechten Wirkungsgrad bei geringer Belastbarkeit der Elektroden haben und daher meist bis zur Grenze der stabilen Schwingfähigkeit belastet sind, führt der starke Eingriff einer Anodenspannungsmodulation leicht zu Reißerscheinungen; es kann daher nicht stark durchgesteuert werden. Außerdem treten beträchtliche Verzerrungen sowie eine zusätzliche Frequenzmodulation bis zu 2% auf. Das hier geschilderte indirekte Modulationsverfahren, daß von Pfetscher und Haaß angegeben wurde, benutzt den veränderlichen Widerstand einer Glimmlampe in der Zuleitung zur Antenne zum Beeinflussen der abgestrahlten Hochfrequenzenergie. Die Versuchsanordnung ist folgendermaßen aufgebaut: Vom Sender, einer Magnetfeldröhre mit geschlitzter Anode, führt ein kapazitiv angekoppeltes, abgestimmtes Lechersystem zum Dipol (Bild 1). Der letzte Teil des Lechersystems mit dem Dipol ist als Kathode der Glimmlampe ausgebildet. Als Anode dient ein im Glaskolben dem Dipol gegenüberstehender Draht. Die Elektroden bestehen aus Eisen-Platinmanteldraht, als Füllgas wird Neon bzw. Helium verwendet. Die zum Erreichen eines genügenden Modulationsgrades nötigen Glimmströme betragen je nach Bauart und Wellenlänge 3 bis 12 mA. Zum Empfang dienen Pyritdetektoren, Bolometer sowie ein Magnetronempfänger. Außerdem wurden, um störende Raumreflexionen auszuschalten, Sende- und Empfangsdipol in die Brennpunkte von Parabolspiegeln mit 60 cm Öffnung gestellt. Die Aufnahme von Modulationskennlinien zeigt, daß bei verhältnismäßig niedrigen Glimmströmen ein beträchtlicher Aussteuerungsgrad zu erhalten ist. Ferner ergibt sich die bemerkenswerte Tatsache, daß von einer bestimmten Glimmstromstärke an die hochfrequente Abstrahlung wieder zunimmt. Diese bei allen Versuchen aufgetretene Erscheinung läßt sich aber durch eine infolge des Glimmlampenwiderstandes besser werdende Anpassung des Dipolwiderstandes an den Wellenwiderstand der Leitung erklären. Modulationsversuche mit diesen Glimmröhren bei veränderlichen Gasdrücken ergeben, daß die Glimmlampe wie ein veränderlicher Verlustwiderstand wirkt, der an gewissen Stellen die Lecherleitung ähnlich einer zusätzlichen Dämpfung des Lechersystems überbrückt. Dabei muß der Verlustwiderstand in der Größenordnung des Wellenwiderstandes, also etwa bei 250 Ω liegen, um eine brauchbare Beeinflussung der abgestrahlten Hochfrequenzenergie zu erzielen. Ferner zeigt sich, daß bei genügender Länge der Lecherleitung innerhalb der Glimmröhre der Modulationsgrad keine Frequenzabhängigkeit aufweist. In einer Versuchsröhre dieser Art betragen bei 3,7 cm Wellenlänge die dynamisch gemessenen Modulationsgrade über 60%. Bis zu diesem Wert steigt der Modulationsgrad streng proportional mit der Modulationsspannung an. Vergleichsversuche mit Argon- und Heliumfüllung der Glimmlampen ergeben, daß bei gleichen Glimmströmen bei Helium infolge der größeren freien Weglänge der Elektronen höhere Leitfähigkeiten auftreten, was für die Praxis nur eine Kurvenverschiebung zu kleineren Glimmströmen hin bedeutet, aber auf den Modulationsgrad keinen Einfluß hat. Die für die Modulation erforderliche Gleichstromleistung beträgt maximal 1,5 W, die Wechselstromleistung 0,2 W, die Modulationsspannungen liegen in der Größe von 30 V. Die auftretende Frequenzmodulation ist kleiner als die Meßgenauigkeit der Anordnung von 0,1%. Zum Schluß der Arbeit werden die Anwendungsmöglichkeiten einer Zwischenfrequenzmodulation untersucht. Wegen der Trägheit der Glimmlampe dürfte erst bei Zwischenfrequenzen unter 10^5 Hz eine direkte Glimmlampenmodulation durchführbar sein. *Drg.*

[1]) H. Born, Z. Hochfrequenztechn. 56 (1940) S. 112; 7 S., 13 B.



1 Senderöhre
2 Lechlerleitung
3 Stichleitung
4 Modulationsröhre
5 Dipol

Bild 1. Versuchsanordnung.

Das Verhalten von Zellulosetriazetat

Einführung zu VDE 0530 U/V. 41 „Umstellvorschriften für elektrische Maschinen"

Von G. Kroker VDE und K. Becker VDE, Berlin

DK 621.313.17 : 621.315.616.92

Übersicht. In dieser Zeitschrift[1]) wurde eine Neufassung von VDE 0530 U veröffentlicht, in der u. a. auch das bisher nicht erwähnte Zellulosetriazetat entsprechend seiner wachsenden Bedeutung aufgenommen und in eine neue Wärmeklasse Ah für 80° Erwärmung eingruppiert wurde. Die Berechtigung zu dieser Eingruppierung wird im folgenden untersucht.

Zwei Hauptgesichtspunkte sind zum Beurteilen der Verwendbarkeit eines elektrischen Isolierstoffes für eine bestimmte Betriebstemperatur maßgebend:

1. die Abhängigkeit seiner dielektrischen Eigenschaften von der Temperatur im Anlieferungszustand,
2. die Änderung seiner physikalischen, insbesondere dielektrischen und mechanischen sowie seiner chemischen Eigenschaften unter längerer Einwirkung der vorgesehenen Betriebstemperatur.

Unter diesen beiden Gesichtspunkten soll im folgenden das Zellulosetriazetat betrachtet und Vergleiche zwischen diesem und bekannten Isolierstoffen der Klasse A und B gezogen werden.

Um möglichst umfassende Eigenschaftstafeln über Triazetatfilme zu erhalten, wurden sämtliche erreichbaren Originalveröffentlichungen über Triazetat durchgearbeitet. Soweit darin für den vorliegenden Zweck in Betracht kommende Zahlenangaben enthalten waren, wurden diese für die folgenden Tafeln verwendet. Der Hauptteil der Zahlen ist aber internen Versuchsberichten der AEG-Maschinenfabrik entnommen. Die Tafeln umfassen, soweit im einzelnen nichts anderes angegeben ist, Triazetatfolien von 25 bis 130 µ Stärke mit 0 bis 34 % Weichmacher- und Essigsäuregehalten von 60 bis 62,5 %.

1. Eigenschaften im Anlieferungszustand

Die besten dielektrischen Werte haben entsprechend der Auswertung der Untersuchungen in Tafel 1 im allgemeinen die dünnen weichmacherfreien Folien, an der anderen Grenze liegen die dicken Folien mit hohem Weichmachergehalt. An dieser Stelle ist nicht beabsichtigt, die vielfältigen Einflüsse, die die dielektrischen Eigenschaften bedingen, im einzelnen zu betrachten. Vielmehr soll ein umfassendes Bild über die Eigenschaften der verschiedenen, bisher isolationstechnisch verwandten Triazetatfilme gegeben werden und vorbehalten bleiben, durch eine entsprechende Gütevorschrift die an der unteren Grenze liegenden Folien zum Verwenden für Klasse Ah auszuschließen.

Tafel 1. Dielektrische Eigenschaften von Zellulosetriazetatfilmen im Anlieferungszustande [1 bis 11 u. 13][2]).

Eigenschaft	Dimension	bei °C	min.	mittel	max.	Zahl der insgesamt berücksichtigten Untersuchungen
Verlustwinkel bei 50 Hz	0/00	20	1	9,3	17	42
		100	4,4	15,9	55	11
		120	6	32,0	100	11
Dielektrizitätskonstante bei 50 Hz	—	20	2,65	3,43	4,4	37
		100	3,25	3,80	4,7	9
		120	3,40	3,85	4,9	9
Gleichstrom-Leitfähigkeit	10^{-14} Siemens/cm	20	0,5	1,8	6,2	8
		100	43	175	490	6
		120	110	610	2300	6
Durchschlagsfeldstärke bei 50 Hz	kV/cm	20	560	1380	2100	33
		100	850	1240	1700	17
		120	770	1265	1670	8

In Tafel 2 ist nun, um den Einfluß der Temperatur noch besser übersehen zu können, das Verhältnis der dielektrischen Werte bei 100 bzw. 120 °C zu den entsprechenden bei 20 °C angegeben. Tafel 2 ist ebenfalls aus den Angaben in den Originalarbeiten errechnet.

Tafel 2. Dielektrische Eigenschaften von Zellulosetriazetatfilmen im Anlieferungszustand [7, 8, 13].

Eigenschaft		min.	mittel	max.	Zahl der insgesamt berücksichtigten Untersuchungen
Verhältnis der Verlustwinkel	bei 100° C zu dem bei 20° C	0,52	1,67	5,5	11
	bei 120° C zu dem bei 20° C	0,71	3,35	10,0	11
Verhältnis der Dielektrizitätskonstanten	bei 100° C zu der bei 20° C	0,79	1,02	1,27	9
	bei 120° C zu der bei 20° C	0,79	1,05	1,32	9
Verhältnis der Gleichstrom-Leitfähigkeit	bei 100° C zu der bei 20° C	43	175	490	6
	bei 120° C zu der bei 20° C	110	375	900	6
Verhältnis der Durchschlagsfeldstärken	bei 100° C zu der bei 20° C	0,58	0,83	1,0	17
	bei 100° C zu der bei 20° C	0,70	0,80	0,93	8

Ehe die in den vorstehenden Tafeln zusammengestellten Eigenschaften der Triazetatfilme näher betrachtet werden, sollen erst noch die dielektrischen Eigenschaften eines Lackkunstseidentuches (Lack auf Leinöl-Holzölbasis) und einer Schellackmikafolium-Umpressung angegeben werden (Tafel 3).

Tafel 3. Dielektrische Eigenschaften bekannter Isoliermaterialien [13].

	Dimension	bei °C	Lack-Kunstseide			Schellackmikafolium-Umpressung		
			min.	mittel	max.	min.	mittel	max.
Verlustwinkel bei 50 Hz	0/00	20		53		17	31	58
		100	172	358	545	226	290	370
		120		1 350		194	317	386
Dielektrizitätskonstante bei 50 Hz	—	20	4,38	5,63	6,95	3,08	3,35	3,58
		100	10,3	13,0	15,8	12,3	12,8	13,2
		120		20,9		16,5	17,2	18,0
Gleichstrom-Leitfähigkeit	10^{-14} Siemens/cm	20		0,84			<1	
		100		17 300				
							40	
		120		16 000			105	
Durchschlagsfeldstärke bei 50 Hz	kV/cm	20	584	695	767			
		100	288	408	477			
		120	148	176	204			

Vergleicht man die in Tafel 1 und 2 gegebenen Werte für Triazetat mit denen von Lack-Kunstseide und Schellackmikafolium-Umpressung in Tafel 3, so ergibt sich folgendes:

a. der Verlustwinkel von Triazetat bei 20 °C ist im ungünstigsten Falle immer noch besser als der beste je bei Mika-Umpressung gemessene Wert; gegenüber Lackseide ist Triazetat hierbei erheblich besser.

[1]) ETZ 62 (1941) H. 22, S. 506 u. 511, Umstell-Vorschriften für elektrische Maschinen mit geänderten Festlegungen der Wärmebeständigkeitklassen der Isolierstoffe und der Grenzwerte der Erwärmung infolge der Einordnung der Triazetatfolien.

[2]) Die Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis am Schluß der Arbeit.

b. Der Verlustwinkel von Triazetat steigt bei guten Folien zwischen 20 und 120 ° C nur wenig an, bei gewissen Arten geht er sogar herunter, aber selbst bei den schlechtesten Folien steigt tg δ nicht über 0,1. Bei Lackseide hingegen ist bereits bei 100 ° ein tg δ von etwa 0,36 vorhanden und bei 120 ° steigt dieser weit über 1. Auch bei Mika-Umpressungen tritt bei 120 ° C bereits ein tg δ von über 0,3 auf.

c. Der Temperaturkoeffizient der Dielektrizitätskonstante ist ebenfalls bei Triazetat wesentlich geringer als bei Lackseide und Mika-Umpressungen. Bei Triazetat ist zwischen 20 und 120 ° C im Mittel eine Erhöhung der Dielektrizitätskonstante um 5 % vorhanden, bei Lackseide um etwa 275 %, bei Mika-Umpressung um etwa 420 %.

d. Der Temperaturkoeffizient der Gleichstromleitfähigkeit ist bei guten Folien etwa ebenso hoch wie bei Mika-Umpressungen, gegenüber Lackseite liegt Triazetat bei 120 ° C etwa zwei Größenordnungen besser.

e. Die Durchschlagsfeldstärke von Triazetat, die bei 20 ° C bei guten Folien in der Größenordnung von Spaltglimmer liegt, geht bei 120 ° C im Mittel um nur etwa 20 % zurück. Die Durchschlagsfeldstärke der Lackseide ist bei 20 ° C etwa nur halb so hoch wie bei Triazetat und nimmt bei 120 ° C etwa um 75 % ab.

Sämtliche Vergleiche haben gezeigt, daß die dielektrischen Eigenschaften des Triazetates bei 120 ° C ebenso gut, meist sogar wesentlich besser sind als die einer in Klasse B befindlichen Mika-Umpressung. Die dielektrischen Eigenschaften von Triazetat bei 120 ° sind auch wesentlich besser als die der in Klasse A bewährten Lackseide bei 100 ° C. Hiernach ist also eine Einordnung von Triazetat in eine Klasse mit 80 ° Erwärmung ohne Bedenken möglich.

Gute dielektrische Eigenschaften und deren geringe Temperaturabhängigkeit sind dringend notwendige Bedingungen für das Verwenden eines Isolierstoffes bei erhöhter Temperatur; sie reichen aber noch nicht hin, um ein endgültiges Urteil für die höchstzulässige Betriebstemperatur eines Isolierstoffes abzugeben. Vielmehr muß der Isolierstoff bei dauernder Beanspruchung mit der vorgesehenen Temperatur noch eine angemessene Lebensdauer haben. Im folgenden sollen die wichtigsten Größen, die für die Lebensdauer des Triazetates von Bedeutung sind, näher untersucht werden.

2. Einfluß der Alterung bei höherer Temperatur auf die dielektrischen, mechanischen und chemischen Eigenschaften von Triazetat

In den nachstehenden Tafeln sind die Eigenschaften von Triazetatfolien, die zuvor einer 30tägigen Alterung bei 120 ° unterworfen waren, mit denen im Anlieferungszustand verglichen.

Tafel 4. Dielektrische Eigenschaften einer Triazetatfolie mit 23 % Weichmachergehalt [13].

Eigenschaft	Dimension	bei Meßtemperatur °C	Mittelwerte			Zahl der Untersuchungen
			im Anlieferungszustand	nach 30-tägiger Alterung bei 120 °C	Verhältnis des Wertes nach Alterung zu dem im Anlieferungszustand	
Verlustwinkel bei 50 Hz	%	20	10	13,5	1,35	2
		100	18	11	0,61	
		120	59	10,5	0,18	
Dielektrizitätskonstante bei 50 Hz	—	20	4,06	4,28	1,05	2
		100	3,92	3,70	0,95	
		120	3,89	3,70	0,95	
Gleichstrom-Leitfähigkeit	10^{-14} Siemens/cm	20	4	0,9	0,23	2
		100	353	1,1	0,0031	
		120	1375	3,5	0,0025	
Durchschlagsfeldstärke bei 50 Hz	kV/cm	20	1375	1500	1,09	2
		100	1070	1450	1,36	
		120	940	1410	1,50	

Wie man aus Tafel 4 sieht, sind lediglich der Verlustwinkel und die Dielektrizitätskonstante bei 20 ° C nach dem Altern um ein geringes angestiegen. Sämtliche anderen dielektrischen Werte haben sich, zum Teil wesentlich, verbessert. So ist z. B. nach der Alterung die Gleichstrom-Leitfähigkeit bei 120 ° C auf den vierhundertsten Teil ihres Ursprungswertes zurückgegangen, die Durchschlagspannung bei 120 ° C hat sich um 50 % erhöht. Die vorgenommene 30tägige Temperaturbeanspruchung bei 120 ° C hat also die Isolationsfähigkeit der Triazetatfolie in keiner Weise beeinträchtigt. Auch sind keine Anzeichen zu entdecken, die auf eine dielektrische Schädigung bei noch länger dauernder Temperatureinwirkung von 120 ° hindeuten könnten. Eine Dauertemperaturbeanspruchung von 120 ° C erscheint also auch hiernach zulässig.

Wie aus der Tafel 5 zu ersehen ist, wird die Dehnung der Triazetatfolien, insbesondere bei höherem Weichmachergehalt, durch Altern bei 120 ° nicht unwesentlich verringert. Gleichzeitig tritt ein Schwinden der Folie auf, das bei 23 % Weichmachergehalt gewichtsmäßig etwa 12 % beträgt. Der zeitliche Verlauf der Schwindung ist so, daß sich das Gewicht innerhalb von fünf Tagen bei 120 ° einem Konstantwert nähert, so daß ein weiterer Gewichtsverlust wohl nicht zu befürchten steht.

Proben von Triazetatfolie mit 23 % Weichmachergehalt wurden entsprechend der beim Wickeln zu erwartenden Beanspruchung im kalten Zustande um 10 % gedehnt und dann einer viertägigen Alterung bei 150 ° C ausgesetzt, ohne daß die Folie bei der Schrumpfung riß. Die Längenschrumpfung der Folie ist bei bewickelten Spulen also eher ein Vorteil, weil dadurch die in der Bewicklung enthaltene Luft zum Teil herausgepreßt und diese hierdurch dielektrisch und in bezug auf Wärmeleitfähigkeit besser wird.

Tafel 5. Mechanische Eigenschaften von Triazetatfolien und Lackseidenband.

Eigenschaften		Dimension	Mittelwerte			Zahl der Untersuchungen	Werkstoff
			im Anlieferungszustand	nach 120 h Alterung bei 120 °C	Verhältnis des Wertes nach Alterung zu dem im Anlieferungszustand		
mittlere Dehnung	bei 400 kg/cm²	%	2,4	1,4	0,58	1	Triazetatfolie mit 23% Weichmacher [13]
	bei 600 kg/cm²		18,0	3,3	0,18	1	
Reißdehnung		%	30	12	0,40	1	
spezifische Reißlast		kg/cm²	725	800	1,1	1	
prozentualer Gewichtsverlust		%	—	11,8	—	3	
mittlere Dehnung	bei 400 kg/cm²	%	1,4	1,4	1	2	Triazetatfolie mit 13% Weichmacher [13]
	bei 600 kg/cm²		2,15	2,15	1		
Reißdehnung		%	14,2	9,9	0,70	2	
spezifische Reißlast		kg/cm²	936	955	1,02	2	
mittlere Dehnung	bei 400 kg/cm²	%	0,8	0,8	1	1	Triazetatfolie ohne Weichmacher [10]
	bei 600 kg/cm²		1,4	1,4	1	1	
Reißdehnung		%	11	8	0,73	1	
spezifische Reißlast		kg/cm²	920	1220	1,33	1	
Reißdehnung		%	11,7	3,1	0,26	3	Lackseidenband [13]
spezifische Reißlast		kg/cm²	223	324	1,42	3	

Um ermessen zu können, was der Dehnungsverlust der Triazetatfolie bei 120 °C bedeutet, ist nachstehend noch der Dehnungsverlust von Lackseide bei 120 °C angegeben. Die bei Lackseide nach fünftägiger Alterung bei 120 °C noch verbleibende Restdehnung ist nach Tafel 5 wesentlich geringer als die der Triazetatfolie. Zum Schluß der Betrachtung über das mechanische Verhalten der Folien beim Altern mögen noch die Ergebnisse eines Falzversuches angeführt werden.

Durch die Alterungen bei 120 °C und bei 150 °C nimmt das untersuchte Triazetat in der Falzzahl zunächst auf das Drei- bis Vierfache zu, um erst dann wieder abzunehmen (s. Bild 1). Worauf diese merkwürdige, bisher

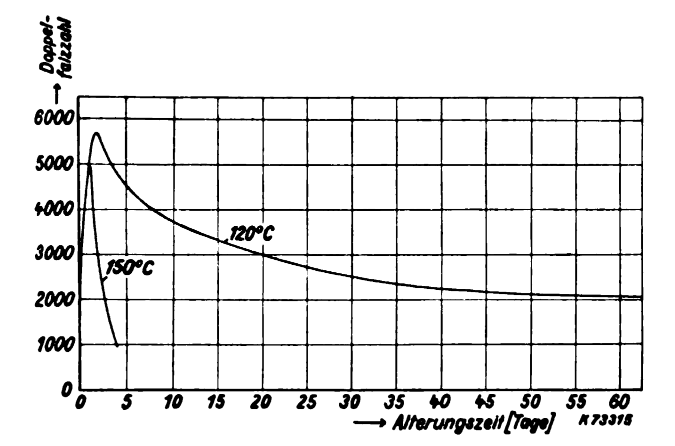


Bild 1. Abhängigkeit der Doppelfalzzahl von Triazetat mit 23% Weichmacher von der Alterungszeit bei 120 und 150 °C.

unbekannte Erscheinung zurückzuführen ist, soll an anderer Stelle erörtert werden. Selbst nach achtwöchentlichem Altern bei 120 °C ist die Falzzahl noch höher als die im Anlieferungszustande. Nach viertägiger Alterung bei 150 °C hat die Falzzahl des Triazetates bereits beträchtlich abgenommen. Das Lackseidenband, das im Anlieferungszustande eine mittlere Falzzahl von etwa 9700 besitzt, ist aber bereits nach eintägiger Alterung bei 120 °C so spröde, daß es bei der ersten Falzung bricht.

Nach dem Gesamtergebnis der mechanischen Untersuchung erscheint die Triazetatfolie, gemessen an Lackseidenband, trotz einer gewissen Einbuße ihrer Elastizität für Verwendung bis zu Temperaturen von 120 °C geeignet.

Als ein Kennzeichen für die Gefügestruktur der Folie kann man ihre Viskosität, gemessen an einer Lösung der Folie in Ameisensäure, ansehen. Die Änderung der Zähigkeit ist ein Maß für die Stabilität der Folie. In nachfolgender Tafel 6 sind für verschiedene Folien die

Tafel 6. Viskosität (cP bei 20 °C) verschiedener Triazetatfolien [10].

Folienart	Viskosität		Verhältnis der Viskosität nach Alterung zu der im Anlieferungszustand
	im Anlieferungszustand	nach 7-tägiger Alterung bei 120 °C	
Mittelviskos ohne Weichmacher . . .	250,1	168,8	0,68
Mittelviskos mit 15% Weichmacher . . .	169,9	163,2	0,96
Mittelviskos mit 25% Weichmacher . . .	165,5	150,2	0,91
Niederviskos ohne Weichmacher . . .	60,2	57,0	0,94
Niederviskos mit 25% Weichmacher . . .	36,2	32,0	0,88
Niederviskos mit 25% nicht stabilem Weichmacher	32,3	6,8	0,21

Viskositäten im Anlieferungszustande und nach siebentägigem Altern bei 120 °C in geschlossenem Gefäß angegeben.

Ein gewisses Vermindern der Viskosität muß also in Kauf genommen werden. Durch Festlegen einer Grenze für die prozentuale Änderung der Viskosität zwischen Anlieferungszustand und einem Alterungsversuch können nichtwärmebeständige Folien, wie z. B. die letzte der in Tafel 6 angeführten, ausgeschieden werden.

Ein weiteres Mittel zum Beurteilen der Stabilität des Triazetates ist die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration (p_H-Wert) eines wäßrigen Auszuges der Folie. Das Triazetat entsteht aus Zellulose dadurch, daß alle drei freien Hydroxylgruppen des Zellulosemoleküls beim Triazetat mit Essigsäure verestert werden. Es wäre denkbar, daß sich dieser Vorgang bei irgendeiner Temperaturbeanspruchung wieder rückläufig entwickelt, d. h. daß sich Essigsäure abspaltet. Die freigewordene Essigsäure würde sich in einem wäßrigen Auszug durch Erniedrigen des p_H-Wertes bemerkbar machen. Aber ein in der Folie enthaltener Weichmacher könnte auch bei erhöhter Temperatur unter Umständen saure Bestandteile abspalten. Das Ändern des p_H-Wertes nach dem Altern ist also auch für die Stabilität des Weichmachers ein Maßstab. In Tafel 7 sind für verschiedene Folien die p_H-Werte angegeben.

Tafel 7. p_H-Werte des wäßrigen Auszuges verschiedener Folien nach Alterung [10].

Folienart	p_H-Wert		Verhältnis des p_H-Wertes bei Anlieferung zu dem nach Alterung
	im Anlieferungszustand	nach 14-tägiger Alterung bei 120 °C	
Niederviskos ohne Weichmacher . . .	6,02	5,73	0,95
Niederviskos mit 25% Weichmacher . . .	5,90	5,71	0,97
Niederviskos mit 25% Weichmacher hergestellt, dieser aber vor dem Versuch extrahiert	5,94	5,73	0,97

Die in Tafel 7 enthaltenen Werte nach 14tägiger Alterung bei 120 °C stellen die Mittelwerte der unter fünf verschiedenen Alterungsbedingungen gealterten Proben dar, und zwar Alterung freihängender Proben, von auf Glasstäben aufgewickelten Proben, von auf Aluminiumstäben aufgewickelten Proben, von auf Kupferstäben aufgewickelten Proben und von Proben im geschlossenen Gefäß. Im einzelnen weichen die unter obigen verschiedenen Bedingungen gealterten Proben vom angegebenen Mittelwert um nicht mehr als ± 6 % ab.

Wie man aus der Tafel sieht, tritt bei 14tägigem Altern der Folie im Mittel nur eine unwesentliche Änderung des p_H-Wertes auf, die noch innerhalb der Meßgenauigkeit liegt. Sowohl die Triazetatfolie als auch der zu der geprüften Folie verwendete Weichmacher sind also bei länger dauernder Beanspruchung bei 120 °C chemisch stabil.

Hierbei muß noch erwähnt werden, daß bei Versuchen auch Folien mit nicht stabilen Weichmachern gefunden wurden. Dies wurde dadurch erkenntlich, daß bei 14-tägiger Alterung bei 120 °C im geschlossenen Gefäß der p_H-Wert des wäßrigen Auszuges von 6,42 auf 3,88 des ursprünglichen Wertes herunterging. Die Viskosität der gleichen Folie sank bei der gleichen Alterung von 32,4 cP auf 4,31, also auf 13,2 % des Anlieferungswertes. Die Elastizität der so gealterten Streifen war derart gering, daß sie beim Dehnungsversuch bereits beim Einspannen rissen. Um derartige Folien vom Verwenden auszuschließen, werden in einer beim VDE in Vorbereitung befindlichen Prüfvorschrift für Triazetatfolien die diesbezüglichen Forderungen genau festgelegt.

Im Rahmen dieser Abhandlung wurden eingehend nur die Einflüsse der Temperatur auf die Eigenschaften der Folien behandelt. Noch kurz soll erwähnt werden, daß die Triazetatfolie auch eine gute Wasserfestigkeit besitzt; sie ist ferner weitgehend lösungsmittelbeständig, insbesondere gegen Spiritus, Benzin und Benzol. In Anord-

nungen, bei denen betriebsmäßig Glimmen auftritt, darf die Triazetatfolie nicht verwandt werden.

Nach Untersuchen des Einflusses einer längeren Temperaturbeanspruchung bei 120 ° C auf die wichtigsten Eigenschaften der Folien sollen noch die aus vielen ausgewählten Ergebnisse an zwei Versuchsmaschinen angeführt werden.

Der erste Versuch [12] zeigt, daß die Triazetatfolie als Nutenisolation imstande ist, höhere Erwärmungen als Klasse A auszuhalten; dazu wurde ein Drehstromkurzschlußmotor von 7,5 kW, 380 V, 1420 U/min in Dauerbetrieb genommen. Nachdem die Wicklungs-, Windungs- und Erwärmungsprobe mit Nennleistung bestanden waren, wurde der Motor über 900 Gesamtstunden, und zwar täglich 9 h lang bei etwa 20 % Überspannung, d.h. 460 V bei erhöhten Verlusten und gedrosselter Lüftung unter kräftigen Erschütterungen betrieben. Die mittlere Wicklungserwärmung betrug 120 °, so daß bei durchschnittlich 25 ° Raumtemperatur die mittlere Temperatur etwa 145 ° betrug. Durch das Drosseln der Lüftung erhielt das Blechpaket die ziemlich hohe Temperatur von etwa 135 °, das Gehäuse außen eine Temperatur von 115 °. Dieser Beanspruchung hielt die Wicklung ohne Schaden stand. Am Schluß der Dauerprobe wurde die Wicklungs- und Windungsprüfung mit vollen Werten wiederholt, die einwandfrei ausgehalten wurden. Der Motor hatte Lackdrahtwicklung. Die Nutenkästen bestanden aus Edelpreßspan und zwei Schichten 0,04 mm dicker Triazetatfolie mit wärmebeständigem Weichmacher.

Der Befund der Isolation war folgender: Die Triazetatfolie war gegenüber dem Urzustand zwar spröder geworden, die Durchschlagsfestigkeit der 0,04 mm starken Folie betrug jedoch 2000 bis 3000 V. Der Edelpreßspan hatte sich verfärbt und war brüchig geworden. Soweit dieser einzelne Kurzversuch eine Beurteilung gestattet, erscheint es begründet, die Triazetatfolie in die neue Wärmeklasse Ah für 80 ° Erwärmung einzureihen.

Betriebserfahrungen an mit Triazetatfolie isolierten Maschinen liegen bisher nur bei Klasse A vor. Seit dem Jahre 1934 wurden viele Tausende von elektrischen Maschinen der verschiedenen Bauarten in Klasse A mit Triazetat isoliert, ohne daß bisher auch nur in einem einzigen Falle mangelnde Lebensdauer des Triazetates zu einem Fehler geführt hätte. Erstmalig wurde über die Anwendung des Triazetates für Maschinenisolationen auf der VDE-Tagung in München im Jahre 1936 berichtet [2].

In Einzelfällen wurde vor Jahren Triazetat auch schon bei Klasse B angewendet [13]. So wurden z. B. erstmalig im Dezember 1938 und später im Dezember 1939 bei Bahnmotoren für Dieseltriebwagen die Ankerstäbe zusätzlich mit Triazetat isoliert. Während die Anker ohne die Triazetatisolierung bei dieser Bahn im Durchschnitt alle halbe Jahre zur Instandsetzung wegen Windungsschlusses eingesandt wurden, sind sie mit zusätzlicher Triazetatisolierung bis heute ohne Anstände in Betrieb.

Die Motoren haben folgende Daten: Spannung 450 V, Leistung im 1 h-Betrieb 103 kW, 1330 U/min, mittlere Ankererwärmung, im Prüffeld gemessen, 119 ° C; Leistung im Dauerbetrieb 75 kW, 1535 U/min, mittlere Ankererwärmung, im Prüffeld gemessen, 102 ° C. Die Anker besitzen drei Stäbe nebeneinander, die in der ersten Ausführung mit 0,10 mm starkem Glimmerseidenband halb überlappt bewickelt waren. Die Lebensdauer betrug dabei ein halbes Jahr. Die verbesserte Ausführung mit einer Lebensdauer von über zwei Jahren bestand darin, daß die beiden äußeren Leiter über das Glimmerband zusätzlich mit 0,04 mm starkem Triazetatband halb überlappt bewickelt wurden. Die Tatsache, daß die Lebensdauer der Maschinen hierdurch erhöht wurde, läßt darauf schließen, daß das Triazetatband bis heute den thermischen und mechanischen Beanspruchungen, die bei diesen Ankern auftraten, gewachsen gewesen ist.

Auf Grund der Gesamtheit der oben mitgeteilten Erfahrungen ist es wohl berechtigt, Triazetat über das bisherige Anwendungsgebiet bei Klasse A mit 60 ° Erwärmung hinaus auch bei einer Klasse für 80 ° C Erwärmung zu verwenden.

Einer mittleren Erwärmung von 80 ° entspricht bei 35 ° C Raumtemperatur eine mittlere Temperatur von 115 ° C. Durch den Wärmefluß und die Art der Kühlung bedingt, geht die Temperatur an der heißesten Stelle bei einer mittleren Temperatur von 115 ° C über diesen Wert hinaus. Ferner wird es bei gewissen Maschinen periodisch, bei anderen in Ausnahmefällen vorkommen, daß diese zeitlich begrenzt überlastet werden, daß also auch hierdurch bedingt kurzzeitig Temperaturen über 115 ° C vorkommen. Daher muß noch die Frage nach dem Verhalten der Triazetatfolie bei örtlicher und zeitlicher Temperaturüberlastung untersucht werden.

Aus einer großen Zahl von Veröffentlichungen, von denen die von Smith und Scott [14] die neueste und umfangreichste ist, ergibt sich übereinstimmend folgendes: Bei Isolierstoffen gibt es keine scharfe Temperaturgrenze, unterhalb deren sie für unbeschränkte Zeit völlig unverändert bleiben und bei deren Überschreiten sie sofort zerstört werden. Vielmehr ist es so, daß die Lebensdauer eines Stoffes bei jeder Temperatur nur eine beschränkte ist. Je höher die Temperatur liegt, um so geringer ist die Lebensdauer. Montsinger [15] hat gefunden, daß für die bekannten Isolierstoffe der Klasse A angenähert folgendes Gesetz gilt:

$$L = 8{,}58 \cdot 10^5 \, e^{-0{,}088\,T}, \qquad (1)$$

hierin ist L die Lebensdauer in Monaten, T die Temperatur in ° C. Dieses Gesetz ist graphisch in Bild 2 dargestellt und besagt, daß sich die Lebensdauer etwa immer um die Hälfte verringert, wenn die Temperatur um 8 ° erhöht wird.

Zum Aufstellen eines solchen Gesetzes haben die Forscher eine Versuchsarbeit von drei bis fünf Jahren aufgewendet. Für Triazetat liegen Versuchsergebnisse für eine solche Lebensdauerkurve noch nicht vor. Um sich aber schon jetzt eine ungefähre Vorstellung über die Lebensdauer des Triazetates zu machen, wird eine Lebensdauerkurve für Triazetat gedanklich aus folgenden Schlüssen abzuleiten gewagt:

Das Triazetat hat, wie sich aus den in dieser Arbeit mitgeteilten Zahlen ergibt, ganz sicher bei 116 ° C mindestens die gleiche Lebensdauer wie die bekannten Isolierstoffe der Klasse A bei 100 ° C.

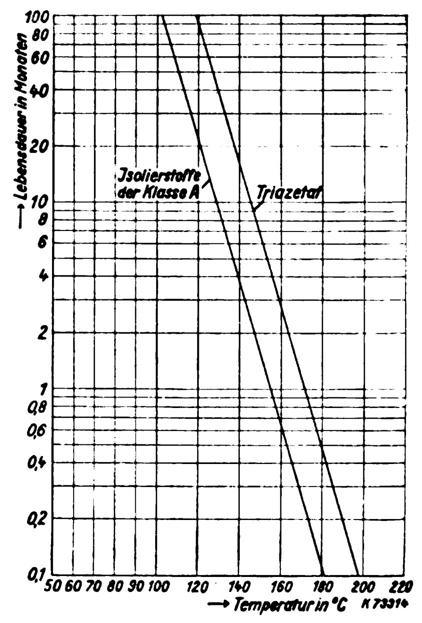


Bild 2. Lebensdauerkurven von Isolierstoffen der Klasse A und von Triazetat bei Beanspruchung mit verschiedenen Temperaturen.

Die exponentielle Abnahme der Lebensdauer mit der Temperatur ist, da es sich bei Triazetat um ein der Zellulose ähnliches, gegenüber dieser aber noch stabileres Molekül handelt, ganz sicher nicht größer als bei Zellulose. Wir beurteilen das Triazetat also nicht zu günstig, wenn wir den gleichen Exponenten wie bei Klasse A-Isolation annehmen.

Mit diesen beiden Schlüssen ergibt sich die ebenfalls in Bild 2 eingezeichnete Lebensdauerkurve des Triazetates mit der Gleichung:

$$L = 3{,}51 \cdot 10^6 e^{-0{,}088\,T}. \qquad (2)$$

Bei ununterbrochenem Einwirken von beispielsweise 125 °C würde sich hiernach für Triazetat eine Lebensdauer von 58,7 Monaten ergeben. Wäre eine mit Triazetat isolierte Maschine nicht dauernd im Betrieb, sondern z. B. täglich nur 12 h bei einer Heißpunkttemperatur von 125 °C, dann würde sich die Lebensdauer des verwendeten Triazetates auf 117,4 Monate verdoppeln. Würde anderseits das Triazetat nicht dauernd durch die gleiche Temperatur, sondern einen Bruchteil α_1 der gesamten Betriebszeit durch die Temperatur τ_1, einen weiteren Bruchteil α_2 der Betriebszeit durch die Temperatur τ_2 usw. bis einen Bruchteil α_m durch die Temperatur τ_m belastet, so würde sich die Lebensdauer folgendermaßen errechnen:

$$L = \frac{3{,}51 \cdot 10^6}{\sum\limits_{n=1}^{n=m} (\alpha_n\, e^{0{,}088\,\tau_n})}, \qquad (3)$$

hierin ist weiterhin

L die Lebensdauer in Monaten,
m die Anzahl der verschiedenen Betriebstemperaturen,

$$\sum_{n=1}^{n=m} \alpha_n = 1.$$

Ist die Temperatur des Triazetates beispielsweise 23 h täglich 125 °C und 1 h täglich 140 °C, also

$$m = 2,$$
$$\alpha_1 = 23/24, \qquad \tau_1 = 125°\ \mathrm{C},$$
$$\alpha_2 = 1/24, \qquad \tau_2 = 140°\ \mathrm{C},$$

dann ergibt sich nach Gl. (3) eine Lebensdauer von $L = 52{,}8$ Monaten. Die täglich einstündige Belastung auf 140 °C vermindert also die Lebensdauer um etwa 6 Monate.

Also ist anzunehmen, daß auch bei kurzzeitigen Überlastungen in gewissen Grenzen das Triazetat noch eine annehmbare Lebensdauer besitzen wird.

In § 38 von VDE 0530 U/V. 41 ist allgemein von „wärmebeständigen Kunststoff-Folien" die Rede und die Triazetatfolie nur als Beispiel hierfür angegeben. Diese Fassung ist mit Rücksicht darauf gewählt, daß zur Zeit auch noch andere Zellulosemischester vom Triestertyp, wie z. B. Azetopropionate und Azetobutyrate, eine aussichtsreiche Entwicklung versprechen. Der VDE wollte durch die allgemeine Fassung dieser Entwicklung entsprechen. Jedoch wird den Firmen, die mit diesen neuen Mischestern noch keine genügende Erfahrungen haben, empfohlen, bis auf weiteres sich nur an Triazetat zu halten. In der in Vorbereitung befindlichen Prüfbestimmung für wärmebeständige Kunststoff-Folien werden dann allgemeine Richtlinien für die Prüfung solcher Folien und entsprechende Gütevorschriften gegeben werden.

Zusammenfassung

In vorliegender Arbeit ist das Verhalten von Zellulosetriazetat bei kürzerer und längerer Einwirkung höherer Temperaturen untersucht. Es ist in Vergleich gesetzt zu dem bekannter Isolierstoffe der Wärmeklassen A und B von VDE 0530. Erfahrungen an mit Triazetat isolierten Maschinen werden angegeben.

Auf Grund der mitgeteilten Untersuchungsergebnisse ergibt sich der Schluß, daß das Zellulosetriazetat bei ausreichender Lebensdauer zur Isolation von elektrischen Maschinen in einer Klasse mit 80 ° Erwärmung verwendet werden kann.

Aus dem Schrifttum

[1] P. Nowak, Isolierstoffe der Kabelindustrie unter besonderer Berücksichtigung der Celluloseester. Angew. Chem. 46 (1933) S. 584.
[2] G. Kroker, Isolationsfragen im Elektromaschinenbau. VDE-Fachber. 8 (1936) S. 97.
[3] P. Nowak u. H. Hofmeier, Über Möglichkeiten zur Anwendung von neuen Kunststoffen. Chem. Fabrik 10 (1937) S. 13.
[4] P. Nowak u. H. Hofmeier, Über die Entwicklung von Zellulosetriazetatfolien für elektrische Isolierzwecke. Kunststoffe 27 (1937) S. 1.
[5] K. Werner, Über neue Methoden zur Herstellung und Verarbeitung von Triacetylcellulose. Angew. Chemie 50 (1937) S. 127.
[6] P. Nowak u. H. Hofmeier, Neue Kunststoffe in der Elektroindustrie, insbesondere für den Kabel- und Leitungsbau. Kunststoffe 27 (1937) S. 184.
[7] G. Pfestorf u. W. Hetzel, Dielektrische Eigenschaften gefärbter Zellulosetriazetatfilme. Kunststoffe 28 (1938) S. 144.
[8] Zellulose-Triazetat-Produkte Schering. Sonderdruck der Schering AG. Berlin N 65.
[9] K. Werner, Vergleichende Untersuchungen an Cellulosetriazetatfolien. Angew. Chemie 51 (1938) S. 681.
[10] P. Nowak u. A. Wolter, Das Verhalten technischer Zellulosetriesterfolien bei höheren Temperaturen. Kunststoffe 30 (1940) S. 129.
[11] Zusammenstellung der wichtigsten Eigenschaften von Triafol. Merkblatt der I. G. Farben vom Juli 1940.
[12] Interner Versuchsbericht der Siemens-Schuckertwerke, Elmowerk, bisher unveröffentlicht.
[13] Interne Versuchsberichte der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, Veröffentlichung demnächst in den AEG-Mitt.
[14] J. J. Smith u. J. A. Scott, Temperature Aging Characteristics of Class A Insulation. Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 58 (1939) S. 435.
[15] V. M. Montsinger, Loading Transformers by Temperature. Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 49 (1930) S. 776.

Die Meßgenauigkeit von Prüfzählern

Von Cl. Paulus VDE, München

DK 621.317.785

Übersicht. Im folgenden wird ein Überblick gegeben, welche Meßgenauigkeiten mit neuzeitlichen Prüfzählern erreicht werden können und welche Mittel dazu angewendet werden müssen.

Mit der fortschreitenden Entwicklung der elektrischen Meßtechnik ist die Meßgenauigkeit der Elektrizitätszähler immer größer geworden. Dementsprechend sind die Anforderungen gestiegen, die man an die zum Prüfen und Überwachen dienenden Geräte stellen muß. Diese Anforderungen erstrecken sich nicht nur auf hohe Meßeigenschaften, sondern es muß auch, da die Zahl der verwendeten Elektrizitätszähler ständig steigt, gefordert werden, daß die Prüfgeräte ein schnelles und leichtes Durchführen der Prüfungen gestatten.

Anforderungen und Fehlermöglichkeiten bei Prüfzählern

Zunächst könnte man annehmen, daß ein Zähler besonders hoher Meßgenauigkeit gar nicht unbedingt erforderlich wäre. Wenn man eine Reihe von Zählern gleicher Bauart prüfen will, ist es vorteilhafter, dies nach einem Zähler der gleichen Art zu tun, der dieselbe Spannungs- und Temperaturabhängigkeit wie die einzustellenden Zähler besitzt. Spannungs- und Temperaturschwankungen wirken sich dann beim Vergleichszähler (Prüfzähler) wie bei den Prüflingen in gleicher Weise aus, so daß man hierauf beim Prüfen nicht zu achten braucht. Aber man muß vorher den Zähler, nach dem man die Prüflinge einstellen will, eichen. Dazu ist aber ein möglichst fehlerfreier, von äußeren Einflüssen prak-

tisch unabhängiger Vergleichszähler erforderlich, der eine genauere und einfachere Einstellung als mit Wattmeter und Stoppuhr gestattet. Bei diesem Zähler muß auf größtmögliche Genauigkeit und Unveränderlichkeit Wert gelegt werden, besonders aber auch auf möglichste Unabhängigkeit von Temperaturschwankungen. Da die einzelnen Zählerbauarten verschiedene Temperaturabhängigkeiten, besonders bei Phasenverschiebung, aufweisen, könnten sonst beim Messen Fehler auftreten. Bei den heute verlangten großen Meßgenauigkeiten muß deshalb beim Einstellen der Temperatureinfluß berücksichtigt werden. Man könnte einwenden, daß der Zähler bei verschiedenen Temperaturen verschieden anzeigt. Diese Schwankungen müssen aber bei den vorkommenden Temperaturunterschieden noch innerhalb der zulässigen Grenzen liegen. Wenn schon beim Einstellen des Vergleichszählers der Temperaturfehler des Prüfzählers nicht berücksichtigt wird, kann es leicht geschehen, daß die Zähler nach dem Einbau durch Temperatureinfluß unzulässig hohe Fehler aufweisen.

Entwicklung des Gleichlastverfahrens

Der wichtigste Schritt zum Erzielen einer größeren Meßgenauigkeit wurde im Jahre 1925 von O. A. Knopp[1]) mit dem Vorschlag getan, durch entsprechende Vorrichtungen (Anzapfwandler) den mit dem Prüfling an dieselbe Stromquelle angeschlossenen Vergleichszähler bei jeder zu prüfenden Belastung des Prüflings stets mit der gleichen Belastung zu betreiben. Der große Vorteil dieses Verfahrens liegt auf der Hand: Während jeder Zähler für verschiedene Belastungen entsprechend seiner Fehlerkurve verschiedene Fehler aufweist, läuft hier der Vergleichszähler bei allen zu prüfenden Belastungen mit derselben Drehzahl und demselben Drehmoment, die günstig gewählt werden können, und kann also auf einen sehr kleinen Fehler eingestellt werden, der für alle Belastungen gleichbleibt. Die Grundlage für das Gleichlastverfahren war damit geschaffen und der Weg für ein sehr genaues Prüfverfahren gewiesen.

Die darauffolgenden Arbeiten auf diesem Gebiet beschäftigten sich damit, dieses Verfahren so auszubauen, daß es möglichst einfach und wenig zeitraubend gehandhabt werden kann. Da nämlich ein solcher Vergleichszähler zum Prüfen der unterschiedlichen Zähler mit den verschiedenen Nenndrehzahlen bzw. Konstanten verwendet werden soll und der Vergleichszähler stets mit der gleichen Drehzahl arbeitet, kann der Vergleichszähler nicht ohne weiteres mit einem Zifferblatt versehen werden, auf dem man direkt den Fehler ablesen kann, sondern der Fehler muß erst entsprechend der Konstanten des Prüflings aus der Angabe der Vergleichszähler errechnet werden. Um diese Unbequemlichkeit zu vermeiden oder wenigstens zu verringern, sind verschiedene Wege beschritten worden, über die im Fachschrifttum ausführlich berichtet wurde. Eine bekannte Lösung ist das Verfahren von Hommel[2]), der den Bereich der gebräuchlichen Konstanten in sechs gleiche Teile teilt und für jeden Teil eine Skala vorsieht. Da jede Skala nur für eine Konstante genau stimmen kann, muß man für die anderen Werte gewisse Fehler mit in Kauf nehmen, die allerdings nicht groß sind, aber bei der verlangten hohen Genauigkeit schon ins Gewicht fallen können. Die sechs auf einem Zifferblatt angebrachten Skalen können leicht zu Verwechslungen Anlaß geben. Dieser Weg wurde daher auch in der Praxis wieder verlassen.

Nach einem Vorschlag von H. Grewer[3]) wird die Umdrehungszahl des Vergleichszählers je nach der Konstanten des Prüflings, z. B. durch Regeltransformatoren im Spannungs- oder Stromkreis, so eingestellt, daß der Zeigerweg immer der gleiche bleibt. Auf diese Weise erhält man nur eine einzige in Prozenten geeichte Skala für alle zu prüfenden Zähler, auf der die Fehler unmittelbar abgelesen werden können. Für die in Betracht kommenden Konstanten ist der notwendige Drehzahlbereich des Vergleichszählers klein (± 20 %), so daß er stets in dem meßtechnisch günstigsten Bereich arbeitet. Natürlich ist das Verfahren noch ein Gleichlastverfahren, da der Prüfzähler auch hier für die verschiedenen Belastungen eines Prüflings immer bei derselben Nennlast arbeitet.

Arbeitsweise eines neuen Gleichlastverfahrens mit unterteilten Zählerwicklungen

Ein von dem Knoppschen Prüfverfahren abweichendes Gleichlastverfahren wurde vom Verfasser angegeben[4]). Bei dem Knoppschen Verfahren wurde das von der Stromlast des Prüflings unabhängige gleiche Drehmoment der Prüfzähler durch Stromwandler erreicht; gleiches Drehmoment kann aber auch erreicht werden, wenn man in dem Vergleichszähler so viel getrennte Stromspulen anordnet, als Prüfstromstärken gebraucht werden, wobei natürlich die Stromspulen so bemessen werden, daß sie das gleiche Drehmoment erzeugen. Natürlich kann man auch für jede Prüfstromstärke einen besonderen Zähler für die jeweilige Stromstärke verwenden. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß man mit gewöhnlichen Zählern ohne Stufenwandler eine ziemlich große Meßgenauigkeit erreichen kann. Mit wie einfachen Mitteln man hierbei auskommen kann, zeigt folgende Überlegung: Wie statistische Erhebungen bei den Elektrizitätswerken ergaben, werden 80 bis 92 % aller im Netz befindlichen Einphasenzähler erfaßt, wenn man zwei Nennspannungen, z. B. 110 und 220 V, und die Nennstromstärken 5 und 10 A zugrunde legt. Weitere Spannungen würden einen Zusatzspannungswandler nötig machen.

Wird weiterhin angenommen, daß die Zähler bei 1/1, 1/2, 1/10 und 1/20 Nennstrom geprüft werden sollen, so ergeben sich unter Berücksichtigen der zwei geforderten Nennspannungen 16 Meßpunkte. Werden die Spannungswicklungen der Induktionszähler-Meßwerke für zwei Spannungs-, die Stromwicklungen für zwei Stromwerte ausgeführt, so können die 16 Belastungspunkte mit drei Meßwerken z. B. nach folgender Aufstellung geprüft werden:

Lfd. Nr. der Messung	Spannung V	Belastungsstrom A	Nennlast VA	Belastungspunkt Nennstromanteil
1 Meßwerk I	110	5	5 × 110	1/1
2	110	5	10 × 110	1/2
3	110	10	10 × 110	1/1
4	220	5	5 × 220	1/1
5	220	5	10 × 220	1/2
6	220	10	10 × 220	1/1
7 Meßwerk II	110	2,5	5 × 110	1/2
8	110	1	10 × 110	1/10
9	220	2,5	5 × 220	1/2
10	220	1	10 × 220	1/10
11 Meßwerk III	110	0,5	5 × 110	1/10
12	110	0,5	10 × 110	1/20
13	110	0,25	5 × 110	1/20
14	220	0,5	5 × 220	1/10
15	220	0,5	10 × 220	1/20
16	220	0,25	5 × 220	1/20

Meßwerke mit unterteilten Strom- und Spannungswicklungen sind längst für Eichzähler bekannt. Die drei Meßwerke von Eichzählern üblicher Bauart für Vierleiter-Drehstrom können ohne Schwierigkeit mit Stromwicklungen für obige Stromstärken und Spannungen versehen werden und sind dann für die Messungen von 16 Belastungspunkten geeignet. Bei jedem dieser Punkte entwickelt das jeweils eingeschaltete Meßwerk sein volles

[1]) USA-Patent 1587841 (1925). Im amerikanischen Fachschrifttum wird dieses Verfahren Knoppsches Gleichlastsystem genannt.

[2]) G. Hommel, Gleichlast-Eichverfahren für Wechselstromzähler. Arch. techn. Messen (1933) J 0740 — 2. — H. Grewer, Zählereichung nach dem Gleichlast-Eichverfahren. ETZ 55 (1934) S. 807. — R. Dietrich, Verschiedene Zählerprüfverfahren. Berichtsheft der WEV über die 1. Tagung der Zählerfachleute am 6. 11. 1939, S. 7.

[3]) H. Grewer, Eichzähler als Normalinstrumente für die Eichung und Prüfung von Elektrizitätszählern. ETZ 61 (1940) S. 753. DRP. 646533 (1933) und Zusatzpatente.

[4]) Cl. Paulus, Elektrizitätswirtsch. 33 (1934) S. 409 und 34 (1935) S. 178.

Drehmoment, da die AW-Zahlen der Stromwicklungen sämtlich gleich groß sind. Dieses Verfahren wurde vom Verfasser im praktischen Betrieb erprobt und hat sich gut bewährt.

Weiterhin ist dieses Verfahren das einzige für Gleichstrom anwendbare Verfahren nach dem Gleichlastprinzip, da es einen für diese Zwecke verwendbaren Gleichstromwandler nicht gibt und die Anwendung von verschiedenen Nebenschlüssen wegen der Veränderlichkeit der Übergangswiderstände praktisch unmöglich ist.

Der meßtechnische Fortschritt durch die vorgeschlagenen Prüfzähler beruht also darauf, daß der Vergleichszähler stets unter denselben elektrischen Verhältnissen arbeitet, gleichgültig, bei welcher Belastung der Prüfling geprüft werden soll. Die Meßgenauigkeit wird dadurch sozusagen um eine Stufe erhöht, indem man die zusätzlichen Fehler ausschaltet, die jeder Zähler bei einer von der Nennlast abweichenden Belastung haben muß.

Mittel zur weiteren Fehlerkompensation bei Vergleichszählern

Wenn die Anwendung dieses Verfahrens einen Sinn haben soll, müssen auch die anderen Fehler des Vergleichszählers so klein gehalten werden, daß sie nicht etwa den erzielten Erfolg wieder aufheben; sonst ist der Mehraufwand an Geräten für das Gleichlastverfahren nicht berechtigt, sondern ein guter gewöhnlicher Vergleichszähler, der entsprechend der Last des Prüflings belastet ist, ist vorzuziehen.

Deshalb sollen im folgenden die nicht durch Verändern der Belastung hervorgerufenen zusätzlichen Fehler untersucht und die Mittel gezeigt werden, die angewendet werden mußten, um den Grundsatz des Gleichlastverfahrens so durchzuführen, daß es einen wirklich meßtechnischen Fortschritt darstellt. Die Genauigkeit des Zählers wird beeinflußt durch:

a) Reibung (Lager-, Bürsten-, Luft- und Zählwerksreibung),
b) Temperatureinfluß,
c) Verändern der Bremskraft der Magnete,
d) zusätzliches Bremsen durch Strom- und Spannungstriebfluß,
e) Abhängigkeit der magnetischen Leitfähigkeit von der Größe der Triebflüsse (Größe der Induktion) bei Zählern, in deren Triebflußpfaden Eisen enthalten ist.

Die unter d) und e) angegebenen Fehlermöglichkeiten treten bei Zählern, die nach dem Gleichlastverfahren verwendet werden, nicht auf, da diese nur bei einem Belastungspunkt, also mit Triebflüssen nur einer Größe, arbeiten.

Bei der R e i b u n g interessiert weniger der Einfluß ihrer absoluten Größe; denn dieser kann durch entsprechendes Einstellen beseitigt werden. Das gilt besonders für die hier behandelten Prüfzähler nach dem Gleichlastverfahren, da diese unter allen Umständen praktisch nur bei einer Belastung arbeiten. Wichtig sind hierbei nur die Schwankungen der Reibung, die durch Abnutzen und Zufälligkeiten im Verhältnis zum Drehmoment des Zählers auftreten können. Diese Schwankungen betragen erfahrungsgemäß bei einem guten Lager 10 bis 20 % und bei einem neueren Zeigerzählwerk 30 bis 40 % des Reibungsmomentes. Ohne näher auf die Reibungsgrößen im einzelnen einzugehen, über die zahlreiche Messungen vorliegen, kann man sagen, daß bei einem gut ausgeführten Zähler neuzeitlicher Bauart die Fehler, die durch Schwanken der Reibung entstehen, bei Einphasenzählern mit 5 gcm Drehmoment kleiner als ± 0,05 % sind.

Auch der B r e m s m a g n e t ist nicht absolut konstant. Nach Behandeln der Magnete für normale Zähler durch einige Stunden dauerndes thermisches und anschließendes elektrisches Altern ändert sich nach einiger Zeit die Bremskraft etwas. Diese kleinen Änderungen, die stets ein Schwächen der Magnete herbeiführen, sind meistens so gering, daß sie bei den Zählern keine Rolle spielen. Bei guten Magneten und richtiger Behandlung bewirken diese Änderungen einen Plusfehler des Zählers von höchstens 0,1 bis 0,2 %.

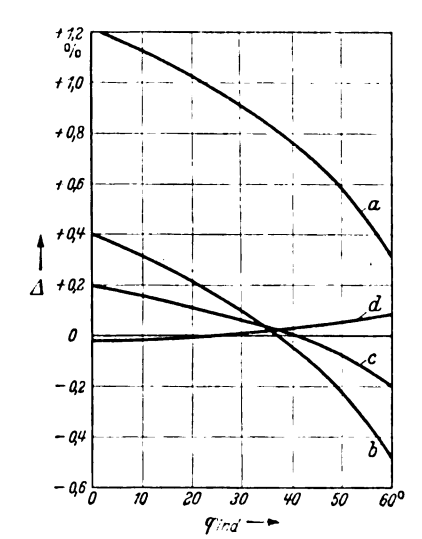
Bei einem Präzisionsprüfzähler hoher Genauigkeit nach dem Gleichlastprinzip, bei dem man eine Meßgenauigkeit von 0,2 % verlangen muß, spielen aber diese Fehler schon eine Rolle. Man muß deshalb für die Magnete dieser Zähler nach besonders sorgfältiger Behandlung noch eine längere Lagerzeit vorsehen, die so lang bemessen wird, daß die Änderungsvorgänge abklingen können, bis der Magnet praktisch vollkommen stabil geworden ist. Diesen Forderungen wird auch beim Bau von Prüfzählern weitgehend Rechnung getragen, wie die zahlreichen auf dem Markt befindlichen Prüfzähler erkennen lassen. Besonders hingewiesen sei hierbei auf einen Sondereichzähler für Gleichlast-Eichstationen[5]), der wie ein normaler Wechselstromzähler aufgebaut, aber mit einem besonderen Triebsystem versehen ist, so daß bei den in Betracht kommenden Belastungswerten von 5 A bei $\cos\varphi = 1$ und 5 A bei $\cos\varphi = 0{,}5$ sein Fehler praktisch ± 0 % beträgt. Bezüglich der Temperaturabhängigkeit u. a. verhält er sich aber im übrigen wie ein normaler Wechselstromzähler.

Wie wir gesehen haben, wird durch Anwenden des Gleichlastverfahrens der größte Teil der bei einem normalen Zähler auftretenden Fehler vermieden; hinsichtlich des T e m p e r a t u r f e h l e r s bietet aber das Gleichlastverfahren keinen Vorteil. Dieser Fehler tritt auch bei diesem Verfahren in voller Höhe in Erscheinung und kann u. U. das Meßergebnis erheblich fälschen. Man muß deshalb dem Herabsetzen des Temperaturfehlers bei Gleichlastprüfzählern besondere Aufmerksamkeit schenken.

Infolge der Temperaturabhängigkeit des Flusses des Bremsmagneten und der ohmschen Widerstände ändern sich mit wechselnder Temperatur die elektrischen Verhältnisse des Zählers, so daß hierdurch zusätzliche Meßfehler verursacht werden, und zwar ändern sich die Triebflüsse in ihrer absoluten Größe und in ihrer Phasenlage, da sich z. B. bei der Spannungsspule mit der Temperatur das Verhältnis von ohmschem Widerstand und Selbstinduktion ändert. Wenn Δ die absolute Änderung der Flüsse und δ die Winkeländerung je °C Temperaturänderung bedeutet, dann wird die gemessene Leistung statt $U I \cos\varphi$ $U I (1 \pm \Delta t) \cos(\varphi \pm \delta t)$, wenn mit t die Temperaturänderung bezeichnet wird. Der Temperaturfehler wird daher

$$\varepsilon_t = \Delta t - \delta \operatorname{tg}\varphi \, t = (\Delta - \delta \operatorname{tg}\varphi)\, t;$$

[5]) F. Kelbe, Sondereichzähler für Gleichlast-Eichstationen. AEG-Mitt. (1937) S. 150.



a nicht kompensierter Zähler
b am Bremsmagnet kompensierter Zähler
c Temperaturkompensation mit Ausgleich des Temperatur-Winkelfehlers
d Temperaturkompensation für Präzisionszähler

Bild 1. Verlauf der Temperaturfehler je 10 °C Temperaturerhöhung in Abhängigkeit vom Belastungswinkel.

er ist von der Last unabhängig und setzt sich aus einem Absolutfehler Δt und einem Winkelfehler $t\,\delta\,\mathrm{tg}\,\varphi$ zusammen, der um so größer ist, je größer die Phasenverschiebung φ ist. In Bild 1 ist der Temperaturfehler für 10° Temperaturerhöhung eines Zählers ohne Temperaturkompensation (Kurve *a*) als Funktion von φ aufgetragen. Er beträgt für $\cos\varphi = 1$ (0°) + 1,2 % und $\cos\varphi = 0{,}5$ ind. (60°) + 0,3 %. Die Durchbiegung beträgt also rd. 1 %.

Zur Temperaturkompensation wird in den meisten Fällen eine Wärmelegierung am Bremsmagnet so angebracht, daß mit steigender Temperatur der Bremsfluß größer wird, so daß durch Vergrößern des Bremsflusses der Plusfehler des Zählers zum Teil ausgeglichen wird. Da aber dieser Ausgleich am Bremsmagneten geschieht, bewirkt er nur ein Parallelverschieben der in Bild 1 gezeichneten Kurve *a*, er ändert aber die Durchbiegung nicht. Man kann daher mit einer derartigen Temperaturkompensation den Temperaturfehler nur für einen bestimmten Wert von $\cos\varphi$ Null machen; für einen anderen Wert von $\cos\varphi$ stimmt die Kompensation aber nicht mehr. Wird z. B. die Kompensation so gewählt, daß für $\cos\varphi = 1$ der Fehler Null wird, so hat der Zähler bei $\cos\varphi = 0{,}5$ ind. einen Fehler von — 0,9 % je 10° Temperaturerhöhung. Man nimmt daher im allgemeinen eine Mittlung in der Weise vor, daß man für 10° Temperaturerhöhung bis $\cos\varphi = 1$ einen Fehler von + 0,4 % einstellt, dann wird der Fehler bei $\cos\varphi = 0{,}5$ — 0,5 % (Bild 1 Kurve *b*).

Besser ist es daher, wenn die Temperaturkompensation so ausgeführt wird, daß sie auch auf den durch Temperaturänderung hervorgerufenen Winkelfehler kompensierend wirkt. Dies wird auf einfache und für die meisten Zähler ausreichende Weise erreicht durch Anbringen eines Plättchens aus einer magnetischen Wärmelegierung im Pfad des magnetischen Stromflusses[6]). Hierdurch wird einmal der absolute Temperaturfehler ausgeglichen, da mit steigender Temperatur die magnetische Leitfähigkeit des Plättchens abnimmt und damit den Stromfluß herunterdrückt. Andernfalls wird dadurch das Verhältnis des magnetischen Widerstandes zu den Verlusten in der Zählerscheibe vergrößert, so daß der Winkel zwischen Strom und Stromtriebfluß verkleinert wird. Die durch Temperaturänderung im Spannungseisen entstehende Fehlverschiebung zwischen Spannung und Spannungsfluß wird dadurch zum großen Teil kompensiert, damit auch der Temperatur-Winkelfehler.

Die Wirkung dieser Kompensation ist in Kurve *c* (Bild 1) dargestellt; da hier der Temperatur-Winkelfehler zum Teil kompensiert wird, verläuft die Kurve flacher. Wenn man auch hierbei den Fehler mittelt, erhält man eine Temperaturabhängigkeit von nur + 0,2 % je 10° C bei $\cos\varphi = 1$ und — 0,2 % bei $\cos\varphi = 0{,}5$.

Für einen Präzisionsprüfzähler, dessen Genauigkeit über dem Durchschnitt der Prüfzähler liegen soll, ist aber diese an sich geringe Temperaturabhängigkeit noch nicht klein genug. Selbst unter der Voraussetzung, daß der Prüfzähler nur in Laboratoriums- und Prüfräumen verwendet wird, kann der Zähler ohne weiteres Temperaturschwankungen von 5° C ausgesetzt sein. Das würde aber einen zusätzlichen Meßfehler von 0,1 % bedeuten. Da man aber von einem Präzisionsprüfzähler eine Meßgenauigkeit von 0,1 bis 0,2 % verlangen muß, sind solche Temperaturfehler untragbar.

Deshalb wurde bei dem in letzter Zeit auf den Markt gekommenen Gleichlastprüfzähler[7]) eine besondere Schaltung zur Temperaturkompensation verwendet, die sowohl den absoluten Temperaturfehler als auch unabhängig davon den Temperatur-Winkelfehler fast vollständig zu kompensieren gestattet[8]). Bei dieser Schaltung wird nach einem Vorschlag von H. Nützelberger in Serie mit der Stromspule ein temperaturabhängiger Kupferwiderstand und parallel zur Stromspule eine Drosselspule mit in Serie geschaltetem temperaturabhängigen Cu-Widerstand und einem temperaturunabhängigen Widerstand aus einer Nickellegierung geschaltet (siehe Bild 2). Mit dieser Schaltung ist man in der Lage, durch entsprechende Wahl des Verhältnisses der temperaturabhängigen Widerstände in den beiden Stromzweigen den absoluten Temperaturfehler und durch Wahl des Verhältnisses des induktiven zum ohmschen Widerstand den Temperatur-Winkelfehler praktisch vollständig und unabhängig voneinander zu kompensieren.

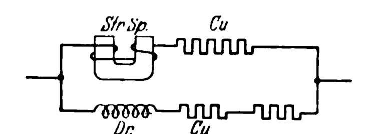


Bild 2. Besondere Schaltung zur Temperaturkompensation von Gleichlastprüfzählern.

Die Temperaturabhängigkeit des mit dieser Kompensation versehenen Zählers ist in Bild 1 durch Kurve *d* dargestellt. Der Temperaturfehler je 10° C beträgt jetzt nur noch bei $\cos\varphi = 1$ — 0,1 % und $\cos\varphi = 0{,}5$ + 0,08 %. Nimmt man wieder an, daß Temperaturschwankungen in den Prüfräumen bis 5° C vorkommen können, so wird der zusätzliche Meßfehler, der hierdurch entstehen kann, im ungünstigsten Fall 0,04 %. Er ist also jetzt um rund eine Größenordnung kleiner als die verlangte Meßgenauigkeit von 0,1 %.

Wie man aus den vorstehenden Ausführungen ersehen kann, hat also nicht die Einführung eines Meßverfahrens nach dem Gleichlastprinzip allein eine erhöhte Meßgenauigkeit der Prüfzähler gebracht. Wenn auch bei manchen Prüfzählern mit besonders sorgfältiger Einstellung eine hohe Meßgenauigkeit mit einem Fehler von etwa 0 bis 0,2 % angegeben werden konnte, so ist es doch im allgemeinen nicht möglich, mit diesen Zählern Messungen mit einer Genauigkeit von ± 0,2 % mit Sicherheit durchzuführen, da allein schon zufällige Schwankungen der Raumtemperatur um wenige Grad größere zusätzliche Fehler hervorrufen können. Erst die Verbesserung auch der Fehler, die nicht durch abweichende Anzeige bei verschiedenen Belastungen (Fehlerkurve) hervorgerufen werden, hat es ermöglicht, Prüfzähler herzustellen, deren Meßgenauigkeit mit Sicherheit innerhalb ± 0,2 % liegt.

Zusammenfassung

Genaue Prüfzähler arbeiten nach dem 1925 von O. A. Knopp angegebenen Gleichlastverfahren, das in der Praxis in verschiedenen Formen (Gleichkraft-, Gleichweg-Verfahren) verwendet wird. Dieses System allein würde aber noch keine wesentlich erhöhte Meßgenauigkeit bringen. Wenn die Genauigkeit des Prüfverfahrens nennenswert gesteigert werden soll, müssen die Prüfzähler selbst so eingerichtet werden, daß ihre Konstanz und insbesondere ihre Unempfindlichkeit gegenüber Temperaturschwankungen größer als bisher ist. Die Mittel für die praktische Durchführung hierzu wurden angegeben; insbesondere gelang ein weitgehender Ausgleich der Temperaturfehler.

[6]) A. Callsen, Der neue temperaturunabhängige Induktions-Zähler der SSW, eine einfache Lösung auf dem Gebiete des Temperaturausgleichs. ETZ 51 (1930) S. 307. DRP 528661.

[7]) Siehe z. B. Dietrich, Fußnote 2.

[8]) DRP 527150.

FÜR DEN JUNGEN INGENIEUR

Fernmeldefreileitungen aus Aldrey

Von H. Görsdorf VDE, Berlin

DK 621.315.17 : 621.395.73

*Übersicht**). Der Aufsatz soll die bisherigen Maßnahmen mitteilen, die im Fernmeldefreileitungsbau getroffen sind, um den Austausch von Leitungskupfer durch Aluminium zu ermöglichen und den Metallurgen und Chemikern die Aufgaben aufzeigen, die noch zu lösen sind, um im Aluminium einen vollwertigen Baustoff für Fernmeldefreileitungen zu erhalten.

1. Auswahl der Leiterwerkstoffe

Für die Fortleitung der elektrischen Energie ist bekanntlich Kupfer der Baustoff, der gute elektrische Eigenschaften in bezug auf elektrische Leitfähigkeit aufweist; er besitzt ferner eine gute Widerstandsfähigkeit gegen mechanische, thermische und chemische Beanspruchung. Auch sind die mit der Verwendung des Kupfers als Leitungsbaustoff erzielten wirtschaftlichen Vorteile in der Gesamtheit bisher von keinem anderen Baustoff erreicht worden. Leider gehört das Kupfer aber zu den Metallen, die nur zu geringem Teil aus heimischen Erzen und aus der Verhüttung von Altkupfer gewonnen werden.

Aus dem dadurch bedingten großen Einfuhrbedarf erklären sich die Bestrebungen unserer Wirtschaftsführung, Kupfer durch Heimstoffe möglichst weitgehend zu ersetzen. Für den Ersatz des Kupfers als Leitungsbaustoff kommt in erster Linie Aluminium in Betracht, das wertmäßig bis auf etwa 7 % als deutsches Erzeugnis angesprochen werden kann. Der geringe Fremdanteil muß für die Einfuhr von Bauxit und Kryolith aus dem Ausland aufgewendet werden. Bis 1938 stand Deutschland mit der Aluminiumerzeugung hinter den V. S. Amerika an zweiter Stelle. Nach Inbetriebnahme der im Vierjahresplan vorgesehenen Aluminiumhütten hat Deutschland seit dieser Zeit Amerika überflügelt und führt nunmehr in der Welterzeugung von Aluminium.

Interessant dürfte ein kurzer Hinweis auf die augenblicklichen Verhältnisse auf dem Aluminiummarkt in den V. S. Amerika sein. Nach vorliegenden Nachrichten soll auch dort durch den Kriegsbedarf Englands die Erzeugung erheblich gesteigert werden. Im Gegensatz zu den Verhältnissen im Weltkrieg senkte diesmal Amerika seine Aluminiumpreise auf einen bisher noch nicht dagewesenen Stand; der maßgebende Trust „The Aluminium Company of America“ hat den zu Beginn des europäischen Krieges 20 cents je Einheit betragenden Aluminiumpreis allmählich auf 16 cents herabgesetzt. Diese Erscheinung hat dort zu einem Konkurrenzkampf zwischen Aluminium und Kupfer geführt, der zu weitgehenden und ungeahnten Umstellungen auch nach dem Kriege Anlaß geben dürfte. Dieser nach außen nicht sichtbare Kampf des Aluminiums gegen das Kupfer drückt sich in Amerika auch in einem steigenden Anteil der Aluminiumverwendung im Verhältnis zu der des Kupfers aus. Dieser kurze Hinweis auf die Aluminiumfrage in dem uns in der Welterzeugung des Aluminiums am nächsten stehenden Lande deutet gleichzeitig auch für Europa Möglichkeiten für die Aluminiumverwendung nach dem Kriege an.

2. Aluminium als Leitungsbaustoff

Beim Umstellen von Kupfer auf Aluminium als Baustoff für Freileitungen sind die physikalischen, mechanischen und chemischen Eigenschaften des Austauschwerkstoffes zu berücksichtigen. Die Eigenschaften, die den Leitungsbaustoff grundlegend bestimmen, sind spezifisches Gewicht, Leitfähigkeit, Festigkeit, Streckgrenze, Elastizitätsmodul, Wärmeausdehnung und Korrosionsbeständigkeit. Die elektrische Leitfähigkeit von Aluminium beträgt 62 % von der des Kupfers. Der Aluminiumquerschnitt muß somit aus elektrischen Gründen 1,62mal so groß sein wie der Kupferquerschnitt. Da aber Aluminium nur ein spezifisches Gewicht von 30,4 % von dem des Kupfers hat, wiegt die Aluminiumleitung nur etwa halb soviel wie die leitwertgleiche Kupferleitung. Leitfähigkeit und Festigkeit, die für die Eignung als Leitungsbaustoff wichtigsten Eigenschaften, sind bei Aluminium in hohem Maße von seinen Verunreinigungen bzw. Legierungsbestandteilen abhängig. Mit dem Reingehalt des Al steigt seine Leitfähigkeit und fällt die Festigkeit. Aus diesem Grunde wird als Austauschwerkstoff für Kabel Al gewählt, während für Freileitungen wegen der größeren mechanischen Festigkeitsanforderungen Al-Legierungen oder Stahlaluminium herangezogen werden müssen[1]).

Als eine für den Freileitungsbau besonders geeignete Legierung hat sich Aldrey erwiesen, eine vergütbare Al-Legierung von 98,8 % Al, 0,4 % Mg, 0,5 % Si und 0,3 % Fe. Das Vergüten besteht darin, daß der Walzdraht bei etwa 350 bis 550 ° C geglüht und dann abgeschreckt wird. Nach starkem Kaltverformen durch Herunterziehen werden die Drähte schließlich bei 120 bis 200 ° C angelassen. Die Leitfähigkeit des Aldrey ist nur um 10 % geringer als die des reinen Al, dagegen ist die Festigkeit um 67 % höher. Unter Berücksichtigung der spezifischen Gewichte und der Leitfähigkeit ergibt sich für genau leitwertgleiche Werkstoffe folgendes Gewichtsverhältnis: 1000 kg Kupfer entsprechen 488 kg Reinaluminium bzw. 549 kg Aldrey, 724 kg Stahl-Al oder 1510 kg Bronze.

Für den Vergleich dieser verschiedenen Baustoffe in mechanischer Hinsicht ist die statische Bruchsicherheit der Leitungen bei leitwertgleichem Querschnitt ausschlaggebend. Ein Maß für die Bruchsicherheit ist die aus den Zustandsgleichungen für Freileitungen zu errechnende Zusatzlast, bei der die Leitung bei einer gegebenen Spannweite zu Bruch geht. Die vorgeschriebene Bruchsicherheit der Leitungen ist im Starkstrom- und Fernmeldefreileitungsbau unterschiedlich. Für den ersteren gelten die Vorschriften des VDE für den Bau von Starkstromfreileitungen, während für den Bau von Fernmeldefreileitungen die Vorschriften in der Telegraphenbauordnung Teil 7 und 9 der Deutschen Reichspost als die gültigen Regeln anzusprechen sind.

3. Berechnen der Aldrey-Fernmeldefreileitungen

Beim Berechnen der B r u c h s i c h e r h e i t und Festlegen der G r e n z s p a n n w e i t e n und des Durchhanges wird in den Vorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen von — 5 ° C mit Zusatzlast und — 20 ° C ohne Zusatzlast ausgegangen. Die Sicherheit ist alsdann bei Seilen eine zweifache und bei Drähten eine

*) Vortrag, gehalten am 21. April 1941 in der Arbeitsgemeinschaft „Kabel und Leitungen“ des VDE-Bezirk Berlin.

[1]) S. a. das Sonderheft über Austauschmetalle in der Elektrotechnik mit 14 Beiträgen aus verschiedenen Fachgebieten. ETZ 61 (1940) H. 49, S. 1085/1140.

vierfache. Bei Post-, Bahn- und Wasserstraßenkreuzungen ist die Sicherheit für Seile ebenfalls auf das vierfache festgelegt. In der Telegraphenbauordnung wird nun von — 5 °C mit Zusatzlast und — 25 °C ohne Zusatzlast ausgegangen, wobei für den laufenden Meter 800 g angenommen werden. Die Sicherheit ist bei Fernmeldefreileitungen aus Hartkupfer und Stahldrähten eine dreifache und bei solchen aus Bronzen eine vierfache. Bei Bahn- und Starkstromüberkreuzungen ist den Fernmeldefreileitungen eine fünffache Sicherheit zugrunde zu legen.

Da die Telegraphenbauordnung der Deutschen Reichspost im Buchhandel nicht erscheint und anderseits die für diese Frage maßgeblichen Bestimmungen des VDE in den Vorschriften für den Bau elektrischer Fernmeldeanlagen keine erschöpfenden Angaben enthalten, soll hiermit eine entsprechende Ergänzung der Vorschriften für den Bau elektrischer Fernmeldeanlagen durch den VDE angeregt werden, damit der Fachmann ausreichende Unterlagen zum Berechnen von Fernmeldefreileitungen erhält.

Die Sicherheit ist bei Aldreydraht so zu wählen, daß sie in keinem Fall gegenüber den jetzigen Verhältnissen herabgesetzt wird. Aus elektrischen und mechanischen Gründen ist daher die für Anschlußleitungen gebräuchliche 1,5 mm dicke Bronzeleitung mindestens durch 2 mm dicke Aldreyleitung zu ersetzen. Bei — 25 °C ohne Zusatzlast verhalten sich in diesem Falle die Sicherheiten wie 4,0 : 4,3. Für den 2,0 mm dicken Bronzedraht ist 2,5 mm Aldreydraht und in Gegenden mit Zusatzlast 3,0 mm Aldreydraht zu wählen. Der für Fernleitungen gebräuchliche 3 mm dicke Hartkupferdraht ist durch 4 mm-Aldreydraht auszutauschen.

Die Durchhangfrage ist für Fernmeldefreileitungen aus Aldrey schwieriger als für Starkstromfreileitungen, weil damit gerechnet werden muß, daß verschiedene Leitungsbaustoffe in ein und derselben Linie verwendet werden. Hierbei ist zu fordern, daß die Aldreydrähte sich in das Gruppierungsbild des Fernmeldegestänges einordnen lassen müssen, ohne daß gegenüber benachbarten oder oberhalb und unterhalb hängenden Kupfer-, Bronze- oder Stahldrähten solche erheblichen Durchhangunterschiede eintreten, daß Leitungsstörungen die Folge sein können. Bei den verschiedenen Wärmeausdehnungszahlen der in Betracht kommenden Baustoffe ist es ausgeschlossen, daß die bei einer bestimmten Wärme mit gleichen Durchhängen gespannten Aldreydrähte dauernd mit den Drähten aus anderen Baustoffen die gleiche Lage behalten, wenn sich die Temperatur ändert. Der Durchhang ist also bei einer Ausgangstemperatur so zu bestimmen, daß einerseits selbst bei Temperaturänderungen in weiten Grenzen die Durchhangunterschiede das praktisch erträgliche Maß nicht übersteigen, und daß anderseits die auftretende größte Drahtspannung unterhalb der zugelassenen Höchstspannung bleibt.

Die erste Forderung wird am besten erfüllt, wenn bei einer Ausgangstemperatur von + 25 °C die Durchhänge bei beiden Baustoffen gleich gewählt werden. Mit abnehmenden Temperaturen hängt der Aldreydraht alsdann weniger als der Kupferdraht und umgekehrt bei steigenden Temperaturen mehr durch.

4. Drahtzug und Durchhang bei Aldreyleitungen

Beim Anbringen von Kupfer- und Aldreydrähten auf demselben Gestänge ist weiter zu prüfen, ob bei starkem Wind ein Zusammenschlagen der Drähte vorkommen kann. Hierfür sind drei Fälle zu berücksichtigen:

a. der Aldreydraht ist oberhalb des Kupferdrahtes,
b. der Aldreydraht hängt unterhalb des Kupferdrahtes oder
c. beide Drähte befinden sich nebeneinander.

Die Untersuchung geschah auf analytischem Wege mit Hilfe von Ausschwingbildern unter Berücksichtigung der Vorschriften der Telegraphenbauordnung, wonach der senkrechte Abstand zwischen zwei Querträgern 40 cm beträgt. In den Fällen a. und b. ist der geometrische Ort für den Berührungspunkt der beiden Drähte eine Hyperbel und im dritten Fall eine Gerade. Im Fall a. und b. ist bei 40 cm senkrechtem Querträgerabstand ein Berühren nicht zu befürchten. Anders ist es beim Fall c. Hierbei ist es nicht immer angängig, wegen der beim normalen Telegraphenbauzeug vorhandenen Abstände Aldrey- und Bronzedrähte nebeneinander auf demselben Querträger zu verlegen. Unter Berücksichtigung aller Forderungen wurden daher für die verschiedenen Fälle der Praxis folgende drei Drahtzug- und Durchhangtafeln aufgestellt:

1. a. Die Linie enthält nur Aldreyleitungen oder
   b. die Aldreyleitungen sind geschlossen auf der einen Stangenseite angeordnet oder
   c. die Aldreyleitungen liegen auf dem untersten Querträger für sich allein.
2. Die Aldreyleitungen sind über oder unmittelbar neben Kupfer- oder Stahldrähten geführt.
3. Ausnahmsweise müssen Aldreydrähte über oder unmittelbar neben Drähten aus Bronze verlegt werden.

Dementsprechend wurden die Durchhangtafeln unter Zugrundelegen einer Ausgangsspannung von $\sigma_0 = 7{,}5$, 8,2 und 9,1 kg/mm² für Temperaturen von + 40 ° bis — 25 °C und für Spannweiten von 30 bis 100 m errechnet. Als Beispiel wird nachstehend als Tafel 1 die Drahtzug- und Durchhangtafel für den 2,5 und 4,0 mm dicken Aldreydraht zum Fall 1, also mit einer Ausgangsspannung von $\sigma_0 = 7{,}5$ kg/mm², angegeben.

Tafel 1. Drahtzug- und Durchhangtafeln für Aldreydrähte von rund 30 kg/mm² Zugfestigkeit und 7,5 kg/mm² Ausgangsspannung.

I. Drahtzug in kg

Spannweiten / Lufttemperatur in °C	30 m	40 m	50 m	60 m	80 m	100 m
	Aldreydraht 2,5 mm					
+ 40	3	5	6	7	8	10
+ 35	4	5	6	7	9	11
+ 30	5	6	7	8	10	12
+ 25	6	7	8	9	11	13
+ 20	7	9	10	11	12	14
+ 15	10	11	12	13	14	16
+ 10	12	13	14	15	16	17
+ 5	15	16	17	17	18	20
0	19	20	20	20	21	22
— 5	22	22	23	23	24	25
— 10	26	26	27	27	27	28
— 15	29	29	30	30	30	30
— 20	33	33	33	33	33	33
— 25	37	37	37	37	37	37
	Aldreydraht 4,0 mm					
+ 40	9	13	15	18	21	25
+ 35	10	14	16	19	24	28
+ 30	13	16	19	21	26	30
+ 25	15	19	21	24	29	32
+ 20	19	23	25	28	31	36
+ 15	25	28	30	32	36	40
+ 10	31	34	35	38	41	44
+ 5	40	41	42	44	47	50
0	49	50	50	51	54	56
— 5	58	58	59	59	62	63
— 10	67	67	68	68	69	70
— 15	75	76	77	77	77	78
— 20	85	85	85	85	85	85
— 25	94	94	94	94	94	94
	II. Durchhang in cm					
+ 40	41	55	70	87	124	166
+ 35	36	49	65	81	114	154
+ 30	30	43	57	72	105	142
+ 25	25	37	50	64	95	130
+ 20	20	31	43	56	85	118
+ 15	15	25	36	48	76	107
+ 10	12	20	30	41	67	96
+ 5	10	16	25	35	58	86
0	8	14	21	30	51	77
— 5	7	12	18	26	45	68
— 10	6	10	16	23	39	61
— 15	5	9	14	20	35	55
— 20	4	8	12	18	32	49
— 25	4	7	11	16	29	45

5. Korrosionsfestigkeit von Aldreyleitungen

In chemischer Hinsicht ist Aluminium empfindlicher als Kupfer. Bei der Korrosion von Al und seinen Legierungen sind nach ihrer Wirkungsform zwei Arten zu unterscheiden, die Oberflächenkorrosion und die interkristalline Korrosion.

Die erstgenannte Korrosionsart äußert sich darin, daß die Oberfläche des Metalles angegriffen wird, sich mit grauweißen Zersetzungsprodukten überzieht und an verschiedenen Stellen in wachsendem Maße lochartige Anfressungen erhält. Die Festigkeit sinkt mit wachsender Einwirkungszeit schnell ab, und die von dieser Erkrankung befallenen Drähte halten den Beanspruchungen nicht mehr stand. Die Oberflächenkorrosion ist in ihrem Beginn zu erkennen und damit bekämpfbar.

Die zweite Form äußert sich jedoch unangenehmer. Ein davon betroffener Draht zeigt nur an wenigen Stellen und außerdem meist schwer sichtbar Angriffspunkte mit geringen Zersetzungserscheinungen. Von diesen Stellen aus zieht sich der Zerfall des Stoffes längs der Korngrenzen ins Innere und spaltet das Metall ähnlich wie ein Gestein in Schichten auf. Die Festigkeit des Drahtes sinkt auch in diesem Fall sehr schnell ab, ohne daß die vorhandene Gefahr jedesmal erkannt wird.

Die für einen einwandfreien Leitungsbaustoff zu fordernde hinreichende Korrosionsbeständigkeit hängt bei Al in hohem Maße von seiner Reinheit und seinen Legierungsbestandteilen ab. Bei der für die Fernmeldetechnik bedeutsamen Aluminiumlegierung Aldrey ist es wichtig, daß die Legierungsbestandteile peinlich genau eingehalten werden, weil ein Heraufsetzen, insbesondere des Siliziumgehaltes, die Korrosionsbeständigkeit erheblich verringert. Die Zusätze von Silizium und Magnesium sollen bei Aldrey durch das vorerwähnte Vergütungsverfahren in die Raumgitter der Reinaluminium-Kristalle eintreten und Mischkristalle bilden. Auf diese Weise soll die Bildung einer natürlichen, ohne Unterbrechung zusammenhängenden Aluminiumoxyd-Schutzhaut sichergestellt werden. Zum Herstellen eines möglichst korrosionsbeständigen Aldreydrahtes ist es daher außer rein verwendetem Ausgangwerkstoff weiter notwendig, daß die Drahtoberfläche völlig glatt und eben aus der Fertigung kommt und beim späteren Lagern, dem Versand und beim Verlegen auch erhalten bleibt. In den Bauvorschriften und Anweisungen ist daher auf diese wichtige Forderung Bedacht zu nehmen.

a. Verschiedene Oberflächenschutzmittel

Ein Oberflächenschutz einfacherer Art besteht in einem Überzug der Oberfläche mit einem säurefreien Fett. Ebenso wie im Starkstromfreileitungsbau haben auch beim Bau von Fernmeldefreileitungen Versuche mit einer Vaseline die Schutzwirkung des Fettes gegen die Korrosion der Aldreydrähte augenscheinlich bestätigt. Für die Wirkung des Fettüberzuges ist es wichtig, daß die Leitungen gleichmäßig dünn eingefettet und bodenfrei verlegt werden.

Zu einer anderen Gruppe von Oberflächenschutzmitteln, die für Aldrey-Freileitungen Bedeutung hat, gehört das Herstellen von Niederschlägen festhaltender chemischer Verbindungen auf dem Aldreydraht. Hierfür wurde das Verfahren der elektrischen Oxydation der Metalloberflächen entwickelt, das auf alle Legierungen mit Al als Hauptbestandteil anwendbar ist. Zu verschiedenen ähnlichen Verfahren gehört auch das bekannte Eloxal-Verfahren. Bei diesem ist es möglich, der Aluminiumoberfläche einen bestimmten Farbton zu geben. Wegen der geringen Biegefestigkeit der Eloxal-Schutzschicht mußte bei Al-Legierungen bisher von einer Anwendung des Eloxal-Verfahrens abgesehen werden. Dafür wurde ein ähnliches Verfahren, das sogenannte MBV-Verfahren (modifiziertes Bauer-Vogel-Verfahren) angewandt. Die graue Schutzschicht, die nach diesem Verfahren erzeugt wird, zeichnet sich zwar durch eine ausreichende Biegefestigkeit aus, hat aber den Nachteil, daß sie gegen Reib- und Scheuerwirkungen noch nicht hinreichend haftfest ist.

b. Kombinierter Oberflächenschutz der Deutschen Reichspost

Bei der Deutschen Reichspost wird der Oberflächenschutz von Aldrey-Freileitungen durch Anwenden einer MBV-Schutzschicht mit anschließender Fettung durchgeführt. Die Deutsche Reichspost verwendet bisher nur blanke Aldreydrähte, während die Deutsche Reichsbahn und die Wehrmacht auch umhüllte Aldreydrähte verlegen. Die technischen Anforderungen für Aldreydrähte sind in dem DIN VDE Blatt 8300 und weitergehend in den technischen Vorschriften der Deutschen Reichspost und Reichsbahn festgelegt.

6. Besonderheiten beim Bau und Verlegen von Aldreyleitungen

Wegen der verhältnismäßig ungünstigen Stellung von Al in der elektrolytischen Spannungsreihe gegenüber Kupfer sind beim Bau und Verlegen von Aldrey bestimmte Vorsichtsmaßnahmen zu beachten, um Korrosionen zu vermeiden. So ist beim Übergang von Aldrey auf Kupfer die Verbindungsstelle unter Luftabschluß, z. B. in einem ausgegossenen Überführungsisolator, oder mit Hilfe besonderer Schalter und Klemmen herzustellen.

Für Aldreydrähte soll auch kein Telegraphenbauzeug und Telegraphenbaugerät verwendet werden, das vorher für Bronze- und Kupferdrähte gebraucht worden ist oder Bronze- oder Kupferteile enthält. Auch im Störungsbeseitigungsdienst ist gesondertes Werkzeug zu benutzen. Läßt sich neues Werkzeug, neue Isolatoren u. a. nicht beschaffen, so sind die Werkzeuge und Teile von Kupferflittern gründlich zu reinigen.

Aldreydrähte sind nicht hart, sie müssen daher mit Vorsicht behandelt werden, namentlich beim Handhaben mit Zangen. Herangeholt wird die Leitung beim Abspannen und Binden zweckmäßig von Hand. Beim Auslegen sind Verlegelatten zu benutzen, damit sich der Aldreydraht nicht an den Querträgern scheuert. Das auf den Aldreydrähten stets vorhandene und nur lose haftende Aluminiumoxyd ist härter als der Draht. Deshalb zerreiben sich locker aneinanderliegende Drähte in den Bindungen und Abspannungen gegenseitig. Daher müssen vor allem Binde- und Abspanndrähte stark angezogen werden. Gutes Unterweisen und Überwachen des Baupersonals ist somit sehr wichtig.

7. Anwendung von Al im Fernmeldefreileitungsbau und bisherige Erfahrungen

Im Gegensatz zum Starkstromfreileitungsbau, für den in Deutschland bekanntlich zur Zeit für Leitungen ein Kupferverwendungsverbot besteht, geht die Anwendung von Al und seinen Legierungen im Fernmeldefreileitungsbau nur zögernd vor sich. Die Erklärung hierfür liegt in den bei Starkstrom günstigeren technischen Bau- und Betriebsbedingungen; als solche sind die ausschließliche Verwendung von Seilen (Al, Aldrey, Stalu) und der Bau mit großen Spannweiten und großen Durchhängen zu nennen. Auch wirkt sich das Vorhandensein weniger Seile in einer Linie günstig aus, weil die Anordnung von Leitungen aus verschiedenen Baustoffen am gleichen Gestänge im Starkstromfreileitungsbau nicht vorkommt.

Die schwierigeren Verhältnisse im Fernmeldefreileitungsbau, bei dem im allgemeinen nur Drähte verlegt werden, erklären die verhältnismäßig geringe Anwendung von Leichtmetall als Baustoff für Fernmeldefreileitungen im In- und Ausland. Im Ausland wurden Fernmeldefreileitungen aus Aldrey in bescheidenem Maße in Spanien, in der Schweiz und in Frankreich angewendet. Lediglich

in Italien sind in den letzten Jahren größere Mengen verlegt worden. Während in der Mehrzahl der Fälle Aldrey in Drahtform verwendet wird, wurden in Italien hauptsächlich für Fernleitungen auch Aldreyseile verlegt, die aus drei Einzeldrähten von je 2,25 mm Durchmesser bestehen.

Abgesehen von einigen wenigen Versuchsleitungen in früheren Jahren wurden in Deutschland seit 1935 an verschiedenen Stellen des Reiches von der Deutschen Reichspost und der Deutschen Reichsbahn größere Versuchsstrecken errichtet, an denen die Fragen der Korrosionsbeständigkeit und der zweckmäßigen Befestigung des Drahtes am Isolator studiert wurden. Bei diesen Versuchen wurden Bunde verschiedener Bauart erprobt, angefangen mit dem in der Telegraphenbauordnung vorgesehenen normalen Postbund bis zu dem Preiswerk-Bund, so benannt nach einem Schweizer Ingenieur. Dieser Bund, der durch Verwenden eines halbharten Al-Beilegedrahtes gekennzeichnet ist, stellt eine besonders feste und schwingungsdämpfende Bindung des Leiters an den Isolator her. Von diesem Bund hat die Deutsche Reichspost einen Bund abgewandelt, der ebenfalls zum Dämpfen der Schwingungen einen halbharten Bindedraht verwendet und den Leiter mit doppeltem, kreuzweisem Schlag an den Isolator festbindet. Auf Vorschlag eines Herstellers wurde auch ein Bund mit isoliertem Bindedraht erprobt, weil die Isolierhülle ein Einreiben des Bindedrahtes in den Leiter verhindern und gleichzeitig schwingungsdämpfend wirken soll. Ähnlich wie im Starkstrom-Ortsnetzbau wurden auch Drahthalter geprüft. Wenn auch bei diesen Versuchen verschiedene Ausführungsformen als ungeeignet erkannt wurden, so ist die Frage, welcher Ausführung beim Befestigen des Aldreyleiters an den Isolator künftig der Vorzug zu geben sein wird, noch nicht geklärt. Bereits seit einiger Zeit eingeleitete Schwingungsdauerversuche auf dem Prüfstand wie auch der praktische Bau von Versuchslinien sollen in naher Zeit endgültigen Aufschluß geben.

Zum Verbinden der Aldreydrähte miteinander werden Al-Hülsen nach Art der Arltschen Röhrchen benutzt. Die Drähte werden in der üblichen Weise verwürgt. Um diese Arbeit vorsichtig auszuführen und ein Verletzen des Leiters und der Hülse zu vermeiden, werden Bügelkluppen besonderer Bauart verwendet. Da die Leitfähigkeit der Oxydschicht gering ist, müssen beim Herstellen der Drahtverbindungen die Innenflächen der Verbindungshülsen und die Drahtenden stets gründlich gesäubert werden. Bisweilen wurde noch eine Kontaktpaste verwendet, die aus Vaseline mit Al-Spänen bestand und eine zuverlässige elektrische Verbindung herstellen sollte. Im Ausland wurden hierfür noch besondere Zieh- und Kerbverbinder verwendet.

Eine interessante Ausführung wurde beim Ausbau des Fernmeldenetzes in Griechenland benutzt. Dort wurde die Verbindung in einen mechanischen und einen elektrischen Teil aufgelöst; der letztere bestand in einer Lötverbindung, die die mechanische Kopplung der Drähte überbrückt. In gleicher Weise ist auch die Deutsche Reichsbahn beim Verlegen von Aldreyleitungen für hohe Trägerfrequenzen vorgegangen. Im Gegensatz zu der Befestigung des Aldreyleiters am Isolator bereitet die Verbindung der Aldreyleiter untereinander keine Schwierigkeiten.

8. Derzeitige Entwicklungsaufgaben

Wenn bisher beim Bau von Fernmeldefreileitungen aus Aldrey zweifellos gute Erfolge erzielt worden sind, so daß zur Zeit laufend größere Mengen verlegt werden, so befriedigen die bisherigen Ergebnisse noch nicht restlos. Zur Schaffung eines vollgültigen Austausches für Fernmeldefreileitungen aus Kupfer und Bronze sind noch zwei Hauptaufgaben durch den Metallurgen und Chemiker zu lösen: die Schaffung einer Aldreylegierung mit höherer Schwingungsdauerfestigkeit und die Verbesserung des Oberflächenschutzes der Aldreydrähte.

Zusammenfassung

Alle für den Leitungsbau wichtigen Eigenschaften von Aluminium werden angegeben und im Vergleich zu Leitungskupfer gestellt. Ausgehend von den Vorschriften für den Starkstromfreileitungsbau werden die Voraussetzungen für die Ermittlung des Drahtzuges und des Durchhanges bei Aldrey für Fernmeldefreileitungen klargelegt. Die zweckmäßig anzuwendenden Werte werden angegeben. Die Korrosionsfestigkeit von Aldrey-Freileitungen wird behandelt und die zur Zeit erprobten Schutzmaßnahmen werden mitgeteilt. Schließlich findet der Leser die Unterlagen für die Bauausführung und die Verlegung von Aldrey-Freileitungen.

Tafeln zum Vorausbestimmen von Erdungswiderständen

DK 621.316.993

Anläßlich der Verbesserung von Erdungswiderständen[1]) in Hochspannungsnetzen der Northern Indiana Public Service Company wurden planmäßige Untersuchungen durchgeführt, um Beziehungen zwischen Erdungswiderstand und Erdertiefen bzw. Einzelerder und Mehrfacherder zu erhalten[2]). Dabei wurde festgestellt, daß die Erdungswiderstände von Rohrerdern nicht proportional der Erdertiefe abnahmen, sondern Kurven folgten, aus denen zu entnehmen war, daß die Erdungswiderstände mit zunehmenden Erdertiefen teils weniger, teils mehr abnahmen als proportional den Anfangswerten. Messungen des Kombinationswiderstandes von Mehrfacherdern ergaben, daß dieser nicht der Berechnungsformel gemäß dem ersten Kirchhoffschen Gesetz folgte, sondern gewöhnlich größer war.

Auf Grund dieser Ergebnisse wurden Tafeln und Kurven hergestellt, nach denen die erforderlichen Erdertiefen sowie die Anzahl der Einzelerder bei Mehrfacherdern bestimmt werden können. Nach diesen Angaben wurden in einem Netz die erforderlichen Erder berechnet und ausgeführt. Die Kontrollmessungen ergaben eine Genauigkeit von über 90% des Berechnungsverfahrens.

[Bem. d. Ber.: Erdungswiderstände von Rohrerdern nehmen nur dann proportional ihrer Tiefe ab, wenn die Erdschichten, durch die der Erder eingetrieben wird, bezüglich ihrer Leitfähigkeit gleichartig sind. Das ist oft nicht der Fall, so daß mit zunehmender Erdertiefe andere Widerstandsänderungen vorkommen; je nach dem Leitwertverhältnis der Erdschichten können größere oder kleinere Werte erreicht werden. Beim Parallelschalten von Einzel- zu Mehrfacherdern ist zu beachten, daß sich die Sperrflächen der Einzelerder nicht allzusehr überdecken. Wird der Abstand der Einzelerder ungefähr gleich der größten Erdertiefe gemacht, so entspricht der Kombinationswiderstand annähernd dem Widerstandsgesetz.[3])]

W. Schrank VDE

[1]) R. M. Schahfer und W. H. Knutz, Electr. Wld., N. Y. 114 (1940) S. 1163; 3½ S., 4 B.

[2]) S. a. W. Schrank, Die Berücksichtigung des Berührungsschutzes bei der Planung von Niederspannungsanlagen. ETZ 61 (1940) S. 925 u. 949. V. Fritsch, Zur Frage des Widerstandes von Blitzableitererdern in gebirgigem Gelände. ETZ 61 (1940) S. 739.

[3]) Nach Untersuchungen des Berichters. Vgl. Pohlhausen, Grundlagen der Bemessung von Starkstromerdern. VDE-Fachber. 2 (1927) S. 39.

RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.316.722 : 621.316.728

Spannungs- und Leistungsregelung durch einen Stufentransformator in der Übertragungsleitung. [Nach G. C. Moomaw, Electr. Wld., N. Y. 114 (1940) S. 387; 3½ S., 2 B.]

Zwischen den verschiedenen Gesellschaften gehörenden Dampfkraftwerken in Omaha (am Missouri, Bundesstaat Nebraska, etwa 600 km westlich von Chikago) und Norfolk besteht eine 212 km lange 33 kV-Drehstrom-Verbindungsleitung (Bild 1), an der verschiedene Unterstationen liegen.

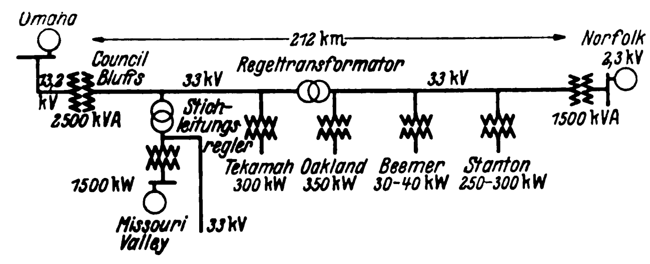


Bild 1. Schema der Übertragungsleitung Omaha—Norfolk.

Die Daten dieser Energieversorgung sind: Speisung bei Omaha über drei Transformatoren 13,2/33 kV mit insgesamt 2500 kVA; Unterstationen: Missouri Valley etwa 1500 kW (dieser Wert wird im Winter bei Betrieb eines mit einer Heizanlage verbundenen Werkes um 200 bis 250 kW verringert. Für Aushilfszwecke kann Missouri Valley insgesamt 600 bis 800 kW abgeben). Tekamah: 300 kW, Oakland 350 kW, Beemer 30 bis 40 kW, Stanton 250 bis 300 kW, derart, daß am Leitungsende bei Norfolk (3 Umspanner mit zusammen 1500 kVA) praktisch fast keine Energie mehr zur Verfügung steht. Das Gebiet von Norfolk wird von seinem eigenen Werk (3000 kW) versorgt, welches fallweise Überschußenergie nach Missouri Valley liefert, niemals dagegen nach Omaha, was durch Vertrag festgelegt ist. Um die Energie- und Spannungsverteilung regeln, besonders um auch Energie von Omaha nach Norfolk liefern zu können, wurde 1937 in dem unbedienten Unterwerk Oakland in der Mitte der Verbindungsleitung in diese ein Freiluft-Regeltransformator 449 kVA, 34,5 kV ± 15% unter Last in 16 oder 32 Stufen regelbar, 50 A, eingebaut. Die selbsttätige Regelung erfolgt durch eine Spannungsmeßeinrichtung, die durch ein Energierichtungsrelais je nach der Energierichtung an einen der zu beiden Seiten des Regelumspanners in eine Phase eingebauten Spannungswandler gelegt wird. Ein zwischen 0 und 3 min einstellbares Verzögerungsrelais vermeidet allzu häufige Schaltungen bei kurzzeitigen Spannungsänderungen. Die Spannungsmeßeinrichtung besteht aus einem Kontakt-Spannungsmesser und einer Leitungsnachahmung aus Wirk- und Blindwiderständen zur Spannungsabfall-Kompensation, das Energierichtungsrelais aus einem von den beiden Spannungswandlern und einem Stromwandler beeinflußten Wattstundenzählerelement. Beim Betrieb ergaben sich Schwierigkeiten, die erst im Laufe der Zeit nach verschiedenen Versuchen und Verbesserungen der Regelapparate behoben wurden. Bei kleinen Spannungsänderungen war die Regelung zu grob. Die bei Übergang von einer Reglerstufe zur anderen auftretenden wattlosen Ausgleichströme ergaben an den Blindwiderständen der Leitungsnachahmung größere Spannungsabfälle, als sie den wirklichen Verhältnissen entsprachen, was zu einer Überregelung führte, so daß die Spannungsmeßeinrichtung den Einfluß auf die Regelung verlor. Dadurch, daß bei Speisung von Norfolk der Regler manchmal im Energie-Nullpunkt der Leitung zu liegen kam, ergab sich ein Hin- und Herpendeln des Energierichtungsrelais und damit unstabile Regelung. Die Verkleinerung der Blindwiderstände der Leitungsnachahmung, der Einbau zusätzlicher Hilfsrelais und eine Erhöhung der Empfindlichkeit des Energierichtungselementes führte zur Behebung dieser Schwierigkeiten. Schließlich hat sich der Regelbereich von 15% zur Erreichung der gewünschten Energieverteilung als zu klein erwiesen, so daß in Omaha noch eine zusätzliche Regelung um 5% vorgesehen wurde. Spannungs- und Leistungsverteilung sind bei dem meist vorhandenen Leistungsfaktor jetzt vollkommen regelbar. Um die Speisung in Missouri Valley unabhängig von den Verhältnissen in der Verbindungsleitung regeln zu können, wurde in der Stichleitung ein weiterer Hochspannungsregler, der die Erhöhung der Spannung der Stichleitung gegenüber jener der Verbindungsleitung bis zu 12½% selbsttätig durchführt, eingebaut. In den seltenen Fällen der Speisung von Missouri Valley in die Verbindungsleitung wird die automatische Regelung durch Handbedienung ersetzt.

Bei einer Einstellung des Verzögerungsrelais auf 15 s finden etwa 1000 bis 1100 (beim Stichleitungsregler in Missouri Valley ohne Verzögerungsrelais etwa 700) Schaltungen je Woche statt. Bei einer Überprüfung der Kontakte nach 7500 Schaltungen war nur geringe Verrußung festzustellen. *Ob.*

DK 621.311.22 : 621.182.5

Hochgespannter Wasserdampf als Lösungsmittel. [Nach F. Spillner, Chem. Fabrik (1940) S. 405; 12 S., 23 B.]

Durch die Arbeit wird die Ursache der Salzmitführung durch Wasserdampf in Hochdruckkesselanlagen geklärt und festgestellt, daß Wasser beim Übergang vom flüssigen in den gasförmigen Zustand nicht sprunghaft beim kritischen Punkt die Eigenschaft verliert, anorganische Salze echt zu lösen. Die Löslichkeit nimmt mit steigendem Druck stark zu. Messungen der elektrolytischen Leitfähigkeit haben ergeben, daß NaCl im Dampf nahezu undissoziiert vorliegt. Weiterhin hat sich gezeigt, daß die Salzkonzentration im Dampf in weiten Grenzen von dem Salzgehalt der Lösung unabhängig ist. Erst bei recht kleinen Salzkonzentrationen in der Lösung, die bei Hochdruckkesseln unbedingt innegehalten werden müssen, konnte ein Abfall im Salzgehalt des Dampfes festgestellt werden. Hieraus ergibt sich, daß auch bei Hochdruckkesseln die Turbinenversalzung durch ständige Kontrolle der elektrolytischen Leitfähigkeit des Kesselwassers sowie des kondensierten Dampfes vermieden werden kann. Die Ergebnisse beziehen sich auf den Druckbereich von 80 bis 320 kg/cm². *A. Kz.*

Geräte und Stromrichter

DK 621.316.54.064.241

„De-ion"-Luftschalter mit magnetischer Blasung für 2,5 bis 5 kV. [Nach L. R. Ludwig und R. H. Nou, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 518; 4½ S., 11 B.]

In den V. S. Amerika besteht ein Bedürfnis nach Schaltern für Spannungen zwischen 2 und 5 kV, die als Verteilungs- bzw. Abzweigschalter vorwiegend in Stahl- und Hüttenbetrieben benötigt werden. Die Schalter müssen ein verhältnismäßig großes Schaltvermögen von 100 bis 150 MVA besitzen, für häufiges Schalten und gekapselte Bauweise geeignet sein und dürfen nur geringe Ansprüche bezüglich der Wartung stellen. Lösungen sind bisher in Form der älteren De-ion-Schalter gegeben, bei denen der Bogen zwischen vielen Kupferplatten brannte und ein Wiederzünden der Teillichtbögen durch die schnell wiederkehrende Isolationsfestigkeit der Kathoden verhindert wurde. Außerdem sind Schalter bekannt, bei denen der Bogen in einen mäanderförmigen Engspalt getrieben wird, so daß seine Brennspannung so lange zunimmt, bis die treibende Spannung zum Aufrechterhalten des Stromes nicht mehr ausreicht.

Die Verfasser beschreiben eine neue Lösung der Aufgabe, die auf niedrige Brennspannung während der großen Stromzeitwerte und auf einen schnellen Anstieg der Isolationsfestigkeit während des Nulldurchganges des Stromes abzielt. Der Bogen wird durch ein mittels einer lichtbogenerregten Blasspule erzeugtes Magnetfeld in ein Plattensystem getrieben, dessen Platten senkrecht zur Bogenachse stehen und einen V-förmigen Einschnitt aufweisen, an den sich ein enger Spalt gleichbleibender Spaltweite anschließt. Dadurch soll erreicht werden, daß der Bogen am Ende des V-Ausschnittes stehenbleibt, solange die Stromzeitwerte noch groß sind, und daß er in den Spalt eintritt, sobald der Strom sich dem Nulldurchgang nähert. Dem im Engspalt brennenden Bogen sollen durch

den vom Blasfeld bewirkten Antrieb so energisch Ladungsträger entzogen werden, daß nach dem Nulldurchgang ein Wiederzünden verhindert wird. Der obere ungeschlitzte Teil der Platten soll die Lichtbogengase so stark kühlen, daß äußeres Schaltfeuer nicht auftritt und eine gefahrlose Kapselung möglich ist. Oszillogramme zahlreicher Abschaltungen zeigen kleine Brennspannungen bis zum Nulldurchgang und steilen Spannungsanstieg nach dem Nulldurchgang des Stromes. Konstruktive Einzelheiten über die Ausführung der dreistufigen Schaltstelle mit Haupt-, Vor- und Abreißschaltstücken sowie über den Gesamtaufbau werden mitgeteilt. Nach einer die Schaltversuche zusammenfassenden graphischen Darstellung ist die Schaltleistung zwischen 2 und 5 kV praktisch konstant. *O. Ml.*

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.44

Neues Verfahren zum Bestimmen der wahren Remanenz von Dauermagneten. [Nach H. Neumann u. W. Zumbusch, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. Werkstoff-Sonderheft (1940) S. 21; 16 S., 4 B.]

Bei der Fertigungsüberwachung von Dauermagneten, insbesondere bei hochwertigen Werkstoffen, tritt die Forderung nach schnell arbeitenden magnetischen Prüfverfahren immer stärker in den Vordergrund. Neben der Koerzitivkraft ist die wahre Remanenz, d. h. die Induktion für das Feld Null nach voraufgegangener ausreichender Magnetisierung die wichtigste magnetische Größe. Diese läßt sich nach dem älteren Verfahren von W. Zumbusch, das den Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit bildete, an stabförmigen Magnetproben dadurch bestimmen, daß diese in einem bis auf einen kleinen Luftspalt geschlossenen Eisenjoch magnetisiert wurden. Dann wurde durch Herausbewegen einer Induktionsspule aus dem Luftspalt der ganze Kraftfluß des Magneten und dadurch seine scheinbare Remanenz ballistisch gemessen, die von der wahren Remanenz etwas verschieden war. Dieses schnell arbeitende Verfahren besaß nämlich den Nachteil, daß wegen des Luftspaltes eine Scherungsberichtigung erforderlich war, die sich von Fall zu Fall änderte.

Bei dem neuen Verfahren nach H. Neumann wurde unter Beibehalten der Vorteile des alten Verfahrens der Nachteil der Scherung vermieden, und zwar dadurch, daß auch der Kern der Induktionsspule aus Eisen hergestellt wurde, so daß kein Luftspalt vorhanden war und die wahre Remanenz bestimmt werden konnte. Bei der ersten Probeausführung des Gerätes wurden weitere konstruktive Vorteile verwirklicht. Durch Anordnen der Magnetisierungsspule über der Probe konnten auch große Proben hoher Koerzitivkraft ausreichend magnetisiert werden; ein verschiebbares Polstück ermöglichte das Messen von Proben verschiedener Länge. Die Fehlerquellen der Probeausführung wurden genau untersucht und festgestellt, daß die hohe Koerzitivkraft des Jochwerkstoffes eine störende Vormagnetisierung hervorrief und die in dem massiven Joch fließenden Wirbelströme beim Ausschalten des Stromes die Zeitkonstante vergrößerten, was mit einem Zeitverlust bei der Messung verbunden war. Mit dieser Erkenntnis sind aber zugleich die Richtlinien für einen fehlerfrei arbeitenden Remanenzmesser gegeben: Sie bestehen im Verwenden eines geblätterten Joches von kleiner Koerzitivkraft. *H. Nm.*

DK 621.315.24 : 621.317.39

Gerät zum Messen kleiner Längenänderungen an Mänteln von Luftkabeln. [Nach Electr. Wld., N. Y. 114 (1940) S. 562; 1 S., 2 B.]

Das in Bild 2 schematisch dargestellte Gerät wurde zur Bestimmung täglicher Bewegungen der Mäntel von Fernsprech-Luftkabeln bei Temperaturwechseln entwickelt. Es kann

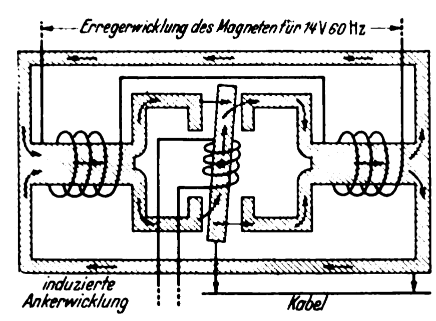


Bild 2. Schematische Darstellung der Meßeinrichtung.

auch zur Feststellung von Dehnungen in der Größenordnung von 0,00025 mm dienen, die z. B. durch Windschwingungen oder vorüberfahrende Fahrzeuge verursacht werden. Das Gerät besteht aus einem mit betriebsfrequentem Wechselstrom von 50 Hz bei 14 V zu erregenden Elektromagnet, zwischen dessen Polen ein Anker um seine Mittelachse schwenkbar befestigt ist, der mit Hilfe einer Klammer mit dem Kabel verbunden wird. Bei Dehnungen oder Zusammenziehungen des Kabels wird dieser Anker unter entsprechender Drehbewegung im Magnetspalt mitgenommen. Dadurch ändert sich der magnetische Fluß und der Induktionsstrom in einer auf dem Anker aufgebrachten Wicklung. Diese Stromänderungen wirken auf ein Thermoelement und einen mit diesem verbundenen Millivoltanzeiger, der auch mit einer selbsttätigen Einrichtung zur fortlaufenden Aufzeichnung der Änderungen versehen sein kann. *O. N.*

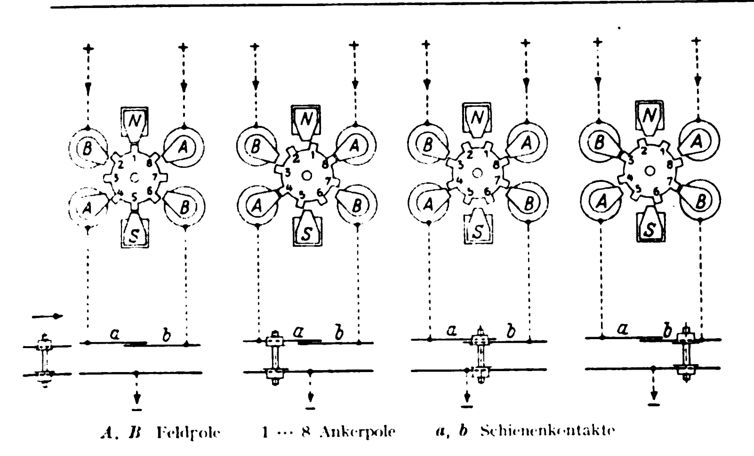
Verkehrstechnik

DK 656.26

Eisenbahn-Sicherungseinrichtungen mit Achszählern bei den Schweizerischen Bundesbahnen. [Nach R. Zaugg, Schweiz. Bauztg. 116 (1940) S. 259; 5 S., 21 B.]

Achszähleinrichtungen, neuerdings recht vervollkommnet, sind auch im Eisenbahn-Sicherungswesen erfolgreich angewandt worden. Grundsätzlich geschieht dies in der Form, daß die Anzahl der aus einem Abschnitt ausfahrenden Achsen mit der Zahl der eingefahrenen Achsen verglichen wird. Bei Übereinstimmung beider Zahlen ist der betreffende Gleisabschnitt von Zugachsen frei. Man hat es also mit einer punktweisen Gleisüberwachung (am Anfang und am Ende) des Abschnittes zu tun im Gegensatz zum Streckenblock mit Gleisstromkreis, der eine linienförmige und somit vollkommenere Überwachung darstellt. Überdies ist der Streckenblock einfacher im Aufbau, zuverlässiger sowie billiger im Unterhalt und, wo Holzschwellen liegen, auch im Bau. Für die Verwendung des Achszählers sprechen in der Schweiz u. a. folgende Gründe: 1. Vorherrschaft des Eisenschwellenoberbaues, d. h. entweder teurer Umbau auf Holzschwellen oder Isolation der Schienen gegenüber den Schwellen, worüber aber erst Versuche gemacht werden; 2. Schwierigkeiten bei der Stromrückleitung auf mit Einphasenstrom betriebenen Strecken; 3. gute Unterbringungsmöglichkeit der Achszähler in Bahnhöfen mit vielen Weichen und Kreuzungen; 4. Schwierigkeiten in der Aufrechterhaltung der Schienenisolation in Tunneln (Durchnässung der Bettung durch Sickerwasser, Bremsstaub- und Kohlenstaubablagerungen). Betriebsmäßige Anwendungen von Achszählern im Sicherungswesen der SBB gehen bis 1915 zurück. Auf mehreren Tunnelstrecken (Hauenstein-, Simplon-Tunnel) wurden gute Erfahrungen gesammelt, und zwar unter Verwendung mechanisch betätigter Radtaster zur Auslösung der Achszähler. Der Radtaster, der bei etwa 80 kg Belastung anspricht, gibt bei 100 km/h Fahrgeschwindigkeit Stromimpulse von etwa $^1/_{100}$ s Dauer; dabei beansprucht zur klaren Unterscheidung der Zählungen bei einem Mindestachsstand von 1 m die Radtasterbewegung nur $^1/_{50}$ s. Der Zunahme der Fahrgeschwindigkeit, der Verkehrsdichte und Zuglänge waren jedoch die mechanischen Radtaster nicht gewachsen. Daher wurden induktive Zählgeber mit Gleismagneten entwickelt, in deren Wicklung beim Vorbeilauf eines Rades ein Wechselstromstoß entsteht; durch Trockengleichrichter erhält man jedoch einen reinen Gleichstromimpuls. Praktisch ordnet man die Gleismagnete paarweise, einen je Fahrschiene, im Gleis an und schaltet beide Wicklungen in Reihe, um beim Pendeln der Achse im Gleis und damit bei einseitiger Vergrößerung bzw. anderseitiger Verkleinerung des Luftspaltes gleichmäßige Stromimpulse zu erhalten. Erzielt werden in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit Impulse von 2 bis 15 mA. Unter 5 km/h Fahrgeschwindigkeit sind die Impulse zu schwach, so daß an Stellen stillstehenden oder schleichenden Verkehrs weiterhin Radtaster erforderlich sind. Zur Aufnahme der Zählungsimpulse dienen empfindliche polarisierte Schnelltelegraphenrelais mit einem Mindeststrombedarf von 2 mA, Kontaktdruck von 5 bis 10 g und 0,1 mm Schaltweg, die ihrerseits den Strom der Achszähler, etwa 0,2 A bei 150 bis 220 V, schalten.

Als Zählgerät werden Drehfeldzähler verwendet, die ursprünglich in Verbindung mit einem richtungsempfindlichen mechanischen Geber am Gleis benutzt wurden. Grundsätzlich weist dieser Zähler eine sechspolige Feldanordnung und einen achtpoligen Anker auf. Zwei gegenüberliegende Feldpole sind Dauermagnete, die anderen stehen mit den Schienenkontakten in Verbindung. Das Wirkungsschaubild zeigt Bild 3. Zwei solcher einmotorigen Drehfeldzähler werden für Gleisabschnitte,



A, B Feldpole 1 ··· 8 Ankerpole *a, b* Schienenkontakte

Bild 3. Wirkungsschaubild des einmotorigen Drehfeldzählers.

an deren beiden Enden Verschiebefahrten ein- und auswechseln, zu Doppelzählern zusammengefaßt. Mit Hilfe von Stoßkondensatoren wird der Stromstoß bei Benutzung von Gleismagneten in zwei kurz aufeinanderfolgende Stöße zerlegt und somit die gewünschte Reihenfolge in der Erregung der Spulenpaare erzielt.

Ein wichtiger Anwendungsfall der Achszähler-Streckensicherung ist die 1938 vorgenommene Unterteilung der 16 km langen Gotthard-Tunnelstrecke. Der Blockapparat in Göschenen mit je einem Drehfeldzähler für den ersten Streckenabschnitt jeder Fahrtrichtung steht in Verbindung mit den Gleismagneten in Göschenen, der Tunnelblockstrecke und Airolo. Die Signalschalter sind durch mechanische Sperren vom Stand der Streckenblockfelder und deren Bedienung wiederum vom Stand der Achszähler abhängig. Eine weitere Anwendung geschah kürzlich auf der Strecke Lausanne—Renens bei Eisenschwellenoberbau, während das Nachbargleis Renens—Lausanne Holzschwellen und selbsttätigen Streckenblock mit Gleisstromkreis hat. *Spi.*

DK 621.337.5

Elektrisches Bremsen bei Vollbahnen und Straßenbahnen. [Nach F. H. Craton und F. M. Turner, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 489.]

Die Verfasser bezeichnen als Zweck ihres Aufsatzes, den heutigen Stand der elektrischen Bremsung sowohl im Vollbahn- als auch im Straßenbahnbetrieb darzustellen und mögliche Lösungen des Bremsproblems im Hinblick auf die steigenden Fahrgeschwindigkeiten zu erörtern. Sie untersuchen zuerst die Nutzbremsung im Vollbahnbetrieb am Beispiel der Fahr- und Bremskurven einer 3000 V-Gleichstromlokomotive von 168 t Gesamtgewicht, 122 t Gewicht auf Treibachsen und etwa 145 km/h Höchstgeschwindigkeit, die einen Zug von 900 t befördert. Auf 20‰ Steigung wird beim Fahren eine Zugkraft entsprechend 17,4% des Adhäsionsgewichtes gebraucht und eine Fahrgeschwindigkeit von 81 km/h erreicht, während bei Talfahrt auf gleicher Strecke und gleichem Zug mit 11,5% des Adhäsionsgewichtes als Bremskraft 108 km/h Geschwindigkeit gehalten werden können. Dabei ist eine dreifache Motorgruppierung mit Parallel-, Serienparallel- und Serienschaltung mit 3×15 Stufen vorgesehen. Weiter wird gezeigt, daß ein solches Bremsverfahren als Verzögerungsbremsung unzureichend ist. Für eine Verzögerung von 0,9 m/s² in der Ebene wird eine notwendige Bremskraft von 67% des Adhäsionsgewichtes und damit das 2,7fache des im Hinblick auf Adhäsion möglichen Wertes berechnet. Zum Notbremsen mit 1,35 m/s² ist die erforderliche Bremskraft sogar gleich dem vollen Gewicht auf den Treibachsen.

Dann wird die Widerstandsbremsung behandelt und darauf hingewiesen, daß durch passende Schaltung, Erregen und Regeln des Widerstandskreises jede gewünschte Kennlinie erhalten werden kann; insbesondere werden Kurven für die einzelnen Stufen gezeigt, bei denen auf jeder Stufe die Bremskraft in weitem Geschwindigkeitsbereich praktisch konstant bleibt. Hierbei wird eine 5000 PS-Dampf- und elektrische Lokomotive der Union-Pacific erwähnt, die mit elektrischer Widerstandsbremse ausgerüstet ist, Bremskurven (Bild 4) werden mitgeteilt. Die Lokomotive besitzt Kessel, Dampfturbine, Turbogenerator und Gleichstrommotoren. Den Bremswiderstand bilden dabei wasserdurchflossene Rohre, und das Wasser dient zum Speisewasservorwärmen. Der bei starker

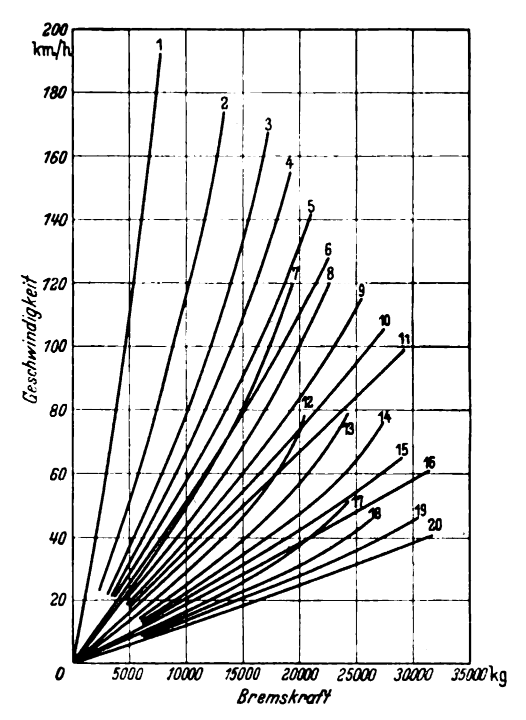


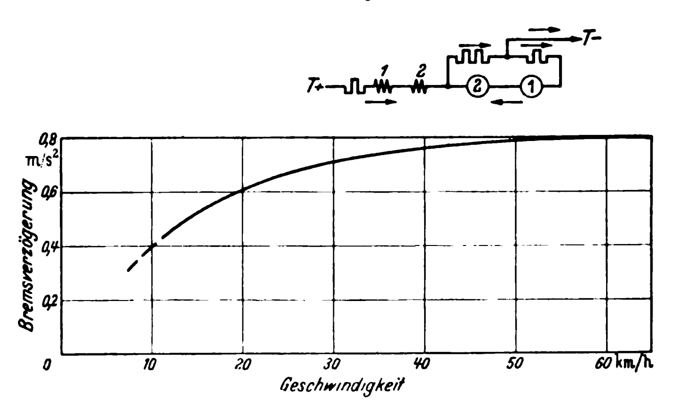
Bild 4. Bremskraftkurven der Widerstandsbremsung der Dampf-elektrischen Lokomotive für 5000 PS.

Beanspruchung entstehende Dampf wird dem Hauptkondensator zugeführt. Diese Widerstandsbremsung arbeitet auch gemeinsam mit der Druckluftbremse und leistet allein bis zu 4800 kW, kurzzeitig sogar 7200 kW.

Auf dieselelektrischen Hauptbahnlokomotiven sind bis heute außer auf einer kleinen 400 PS-Zahnradlokomotive einer Bergbahn in Colorado mit 250‰ Steigung noch keine elektrischen Bremsverfahren ausgeführt worden.

Nach allgemeinem Empfehlen der elektrischen Bremsung für alle Fahrzeuge mit hohen Geschwindigkeiten wird im zweiten Teil auf die Anwendung bei Straßenbahnen eingegangen. Der bekannte amerikanische PCC-Wagen mit 4 Motoren von je 40 kW enthält hiernach eine Fußbremse, die vereinigt eine Widerstandsbremse, ein Schienenbremssystem und eine Druckluftbremse betätigt. Hiernach kann der etwa 17,2 t wiegende Wagen mit 2,1 m/s² Verzögerung abgebremst werden, wobei die Widerstandsbremsung einen Anteil von 1,5 m/s², die Schienenbremse 0,6 m/s² übernimmt, und zwar von 65 km/h bis herunter auf 11 km/h. Hier fällt die Widerstandsbremse, eine normale Kurzschlußbremsung in verkreuzter Form, rasch ab, und dafür wird die Druckluftbremsung selbsttätig angesetzt. Bei Notbremsungen sollen durch schnelles Herabdrücken des Fußhebels sogar Verzögerungen bis zu 3,5 m/s² erreicht werden. Die Schienenbremsen sind batterieerregt und damit unabhängig von der Netzspannung.

Abschließend wird das elektrische Bremsen von Obussen erörtert. Von einer Anordnung mit einem Verbundmotor



Grundsätzliche Schaltung mit Widerstandsbremsung des Obus für 40 Sitzplätze mit Antrieb durch 2 Motoren für 550 V. Getriebeübersetzung 9,25 : 1.

Bild 5. Widerstandsbremsung für Obus mit 2 Hauptstrommotoren; Wagengewicht 10,5 t.

werden die Kurven einer Widerstandsbremsung gebracht. Auch hierbei wird mit einem einzigen Fußhebel Widerstands- und Druckluftbremsung gemeinsam gesteuert. Nach Erreichen des größten Wertes der elektrischen Bremskraft wird durch weiteres Durchtreten des Fußhebels allmählich die Druckluftbremse etwa mit 85% ihres Höchstdruckes angesetzt, alsdann die elektrische Bremse auf ihren Mindestwert verringert und schließlich die Druckluftbremse auf 100% gesteigert. Eine andere Obusausrüstung (40 Plätze) besitzt 2 Hauptstrommotoren, die besonders im Hinblick auf den Bremsbetrieb bemessen sind. Bild 5 zeigt die Schaltung für fremderregte Widerstandsbremsung und die Bremsverzögerung als Funktion der Geschwindigkeit. Man erkennt, daß ein Teil des Bremswiderstandes im regelbaren Fremderregerkreis liegt und damit als Stabilisierungswiderstand wirkt. Die Fahrsteuerung ist selbsttätig fortschreitend ausgebildet, und das Bremsen geschieht halbselbsttätig fortschreitend, indem der Fußhebel entsprechend stark durchgetreten wird.

Allgemeine Betrachtungen sowohl für den Vollbahnbetrieb als auch für den Straßenbahnbetrieb über die Vorteile elektrischer Bremsen, die als Zusatz zu mechanischen Bremsen benutzt werden, schließen den Aufsatz ab. Diese Überlegungen bringen zwar kaum Neues, zeigen aber, daß man auch in Amerika erkannt hat, daß das Ziel, hohe Reisegeschwindigkeiten zu erreichen, die elektrische Bremsung nicht entbehren kann.

Mnh.

Fernmeldetechnik

DK 537.54.029.6 : 537.525

Neuartige Ausnutzung einer Gasentladungsstrecke als Hochfrequenzdemodulator. [Nach J. Himpan, Postarchiv 68 (1940) S. 986; 14 S., 15 B.]

Bekanntlich sind Gasentladungsstrecken, im besonderen Glimmentladungen, für Zwecke der Gleichrichtung und Demodulation in vielfältiger Weise vorgeschlagen worden. Jedoch

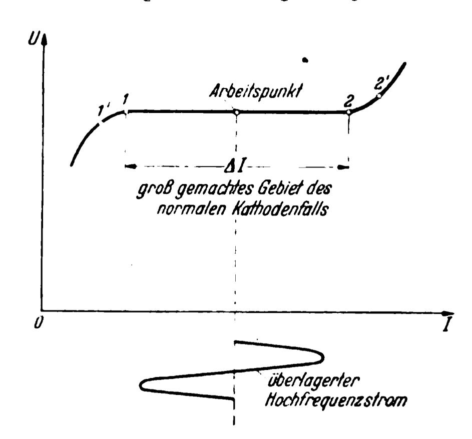


Bild 6. Prinzipielles Diagramm zur Verwendung einer Glimmentladung als Hochfrequenzdemodulator.

sind die bis jetzt mit Gasstrecken erzielten Ergebnisse wenig befriedigend. Die Effekte in bezug auf übertragbare Leistung, Wirkungsgrad und Verzerrungsfreiheit bleiben klein, z. B. bei Verwendung ungleich ausgebildeter Elektroden kleiner als beim Kristalldetektor. Der Verfasser zeigt nun im Gegensatz zum bisher Bekannten, daß sich eine besonders ausgebildete Glimmstrecke in überraschend guter Weise zur Demodulation großer modulierter Hochfrequenzenergien mit beträchtlichem Wirkungsgrade verwenden läßt. Dazu muß die Gasstrecke folgende wesentlichen Merkmale und Betriebsbedingungen aufweisen (Bild 6): gleich große bzw. nahezu gleich große Elektroden mit entsprechend großer Fläche, ein großes Stromintervall bedeckendes Gebiet des normalen Kathodenfalls, Lage des Arbeitspunktes vornehmlich in der Mitte des normalen Kathodenfallgebietes und Aussteuerung des zu demodulierenden Hochfrequenzstromes hauptsächlich nur in diesem Bereich. Sodann wird in einem weiteren Abschnitt die verwendete Versuchsanordnung, die zur Aufnahme von Meßgrößen zwecks kritischer Beurteilung des Gasdemodulators diente, beschrieben und in Bildern gezeigt.

Versuche wurden zuerst im Mittelwellengebiet mit $f_H = 1293$ kHz ($\lambda = 232$ m) als Träger- und $f_N = 800$ Hz als Modulationsfrequenz durchgeführt. Als Demodulator diente ein Stabilisator STV 280/80. Die aus einem solchen Demodulator gewonnene Niederfrequenzenergie ist in Abhängigkeit vom Verbraucherwiderstand für verschieden gewählte

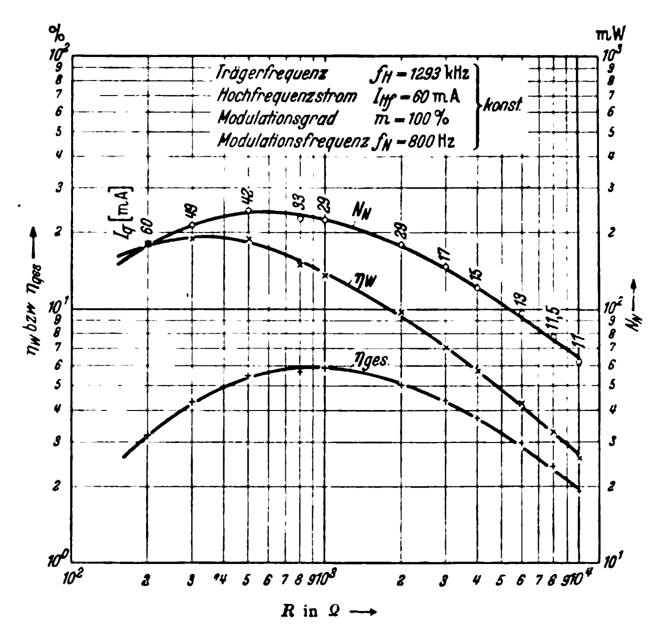


Bild 7. Beispiel erhaltener Niederfrequenzenergie und erzielter Wirkungsgrade aus einer Gasstrecke bei verschiedenen Querströmen in Abhängigkeit vom Verbraucherwiderstand.

Querströme in Bildern dargestellt, ebenso die sich daraus ergebenden Nutz- und Gesamtwirkungsgrade (vgl. als Beispiel Bild 7). Da allgemein über die Güte eines Demodulators nur auf Grund der von ihm umgewandelten Seitenbandleistung in Niederfrequenzleistung etwas ausgesagt werden kann, wird als Nutzwirkungsgrad das Verhältnis von abgegebener Niederfrequenz- zur zugeführten Seitenbandscheinleistung bzw. als Gesamtwirkungsgrad das Verhältnis von Niederfrequenz- zur Seitenbandscheinleistung plus der vom Gasdemodulator verbrauchten Gleichstromleistung definiert. Aus den gezeigten Kurven ist zu entnehmen, daß aus dem Gasdemodulator etwa 250 mW Niederfrequenzenergie entnommen werden konnte, deren Klirrfaktor die üblichen zulässigen Grenzen nicht überstieg. Ferner ergaben sich darin Nutzwirkungsgrade bis rd. 83% und Gesamtwirkungsgrade bis etwa 5%. Die gezeigten Kurven vermitteln weiter, wie die günstigste Anpassung und Lage des Arbeitspunktes zu wählen ist. Der Verfasser weist noch darauf hin, daß die ermittelten Meßwerte noch nicht die optimalen darstellen; vielmehr könnte die abgegebene niederfrequente Wirkenergie noch weiter durch Benutzen größerer modulierter Hochfrequenzströme und durch Anpassen nicht nur dem Betrage, sondern auch der Phase nach gesteigert werden. Letztere Maßnahme würde z. B. auch noch ein Steigen der Wirkungsgrade ergeben. Zum Veranschaulichen der Wirkungsweise des verwendeten Gasdemodulators wird angegeben, daß damit ein Lautsprecher mittlerer Größe unmittelbar mit Niederfrequenzenergie gespeist und ein befriedigendes Ergebnis beim Übertragen von Sprache erzielt werden konnte.

Die Versuche im Ultrakurzwellengebiet wurden mit einer Trägerfrequenz $f_H = 44$ MHz ($\lambda = 6{,}81$ m) und einer Modulationsfrequenz $f_N = 50$ Hz durchgeführt. Als Demodulator diente ein Stabilisator STV 75/15/II. Auch hier zeigten sich die günstigsten Wirkungen, wenn der Arbeitspunkt ungefähr in die Mitte des geradlinigen Bereiches der Stromspannungskennlinie (normales Kathodenfallgebiet) gelegt wurde. Allerdings konnte im UKW-Gebiet auch die wirksame Hochfrequenzstromkomponente stark in die Krümmungsstellen der Stromspannungskennlinie hineingreifen, ohne daß die auftretenden Verzerrungen das zulässige Maß überschritten, was im Mittelwellengebiet nicht der Fall war. Die Ergebnisse der UKW-Versuche, die noch recht befriedigend sind, werden ebenfalls in Schaubildern dargestellt. So wurde z. B. von der Gasstrecke noch eine Niederfrequenzenergie von über 70 mW bei einem Nutzwirkungsgrad von $\eta_W \approx 6{,}2\%$ und einem Gesamtwirkungsgrad von $\eta_{ges} \approx 3{,}8\%$ abgegeben. Wie zu erwarten war, ist die Wirkung der Demodulation der Gasstrecke im Ultrakurzwellengebiet kleiner als im Mittelwellengebiet. Im Gegensatz zu den günstigen Demodulationseffekten bei Verwendung tonfrequent modulierter Hochfrequenzenergie ergaben Versuche mit demselben Träger (44 MHz), der jedoch mit $f_N = 3$ MHz moduliert war, daß die erreichte Demodulation dann praktisch Null wird.

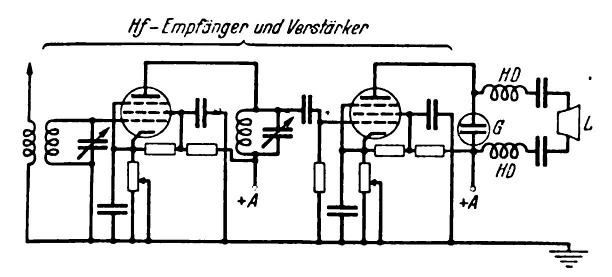


Bild 8. Schematisches Beispiel einer möglichen Verwendung des Gasdemodulators zum Rundfunkempfang ohne Benutzung einer Zwischenfrequenz-, Gleichrichter- und Niederfrequenzstufe.

Im letzten Abschnitt wird vorerst der Gasdemodulator physikalisch kurz erörtert. Da sich bei allen Versuchen zeigte, daß günstigste Wirkungen auftraten, wenn der Arbeitspunkt in die Mitte des geradlinigen Bereiches der Stromspannungskennlinie gelegt und der Hochfrequenzstrom vornehmlich nur in diesem ausgesteuert wird, scheint hier ein Widerspruch mit der Theorie der Gleichrichtung vorzuliegen, denn es ist im Demodulator scheinbar kein nichtlineares Glied vorhanden. Der Verfasser erklärt diese Erscheinung dadurch, daß infolge der unterschiedlichen Beweglichkeit der Ladungsträger, Ionen und Elektronen, bei Anlegen hochfrequenter Feldänderungen eine andere (gekrümmte) Kennlinie gilt als für den statischen Fall. Als ein mögliches Verwendungsbeispiel der Gasstrecke wird Rundfunkempfang mittels eines Empfängers (Bild 8) angeführt, der nur aus einer Hochfrequenzverstärkerstufe besteht, in dessen letzter Röhre im Anodenkreis der Gasdemodulator eingeschaltet ist, der unmittelbar einen Lautsprecher mit Niederfrequenzenergie speist. *Hmp.*

DK 537.54.029.6 : 621.385

Die geschwindigkeitsgesteuerte Elektronenröhre. [Nach J. Bethenod, C. R. Acad. Sci., Paris 210 (1940) S. 103; 2 S. u. Berichtigung S. 423.]

Läßt man einen Strahl gleich schneller Elektronen durch zwei ebene Gitter[1]), die im Abstand d voneinander angeordnet sind, und zwischen denen das elektrische Wechselfeld $u_0 \sin \omega t/d$ herrscht, durchtreten, so werden die Geschwindigkeiten der einzelnen Elektronen je nach Größe und Richtung des durchlaufenen Wechselfeldes verändert. Unter der Annahme, daß die Geschwindigkeiten beim Durchtreten durch den Raum zwischen den Gittern nur wenig verändert werden, so daß diese Elektronenlaufzeit d/v_0 ist, und unter Vernachlässigung der Raumladung ergibt sich die Elektronengeschwindigkeit an der Stelle des zweiten Gitters zu

$$v = v_0 - 2\,\frac{u_0\,e}{m\,\omega\,d}\,\sin\frac{\omega\,d}{2\,v_0}\,\sin\omega\left(t - \frac{d}{v_0}\right),$$

wobei v_0 die Geschwindigkeit der Elektronen vor dem Eintritt in das Wechselfeld entsprechend einer konstanten Beschleunigungsspannung ist. Mit Hilfe der Kontinuitätsgleichung wird daraus die Gleichung für den Elektronenstrom hinter dem zweiten Gitter gefunden. Dieser ist

$$i = i_0\,e^{\frac{\omega\,\delta}{v_0}\,x\cos\omega\left(t - \frac{x}{v_0}\right)}$$

mit i_0 als Elektronengleichstrom. Für kleine Aussteuerungsgrade δ und eine kurze durchlaufende Wegstrecke x erhält man als Näherungslösung für den Strom

$$i = i_0\left[1 + \frac{\omega\,\delta}{v_0}\,x\cos\omega\left(t - \frac{x}{v_0}\right)\right].$$

Aus dieser Gleichung erkennt man die mit Vergrößerung der Elektronenlaufstrecke hinter dem zweiten Gitter zunehmende Erhöhung der Stromdichte. *Drg.*

[1]) Siehe auch H. Döring u. L. Mayer, Geschwindigkeitsgesteuerte Laufzeitröhren. ETZ 61 (1940) H. 30, S. 685 u. H. 31, S. 713.

Theoretische Elektrotechnik

DK 621.392.22

Reaktanz- und Vierpoltheorie inhomogener idealer Leitungen. [Nach G. Eckart, Hochfrequenztechn. 55 (1940) S. 173; 14 S., 22 B.]

Im eingeschwungenen Zustand ergeben sich für die Spannungs- und Stromverteilung auf verlustfreien Leitungen, deren Induktivität und Kapazität Funktionen des Ortes sind, aus den Gleichungen $-\frac{\partial u(x,t)}{\partial x} = \frac{\partial i(x,t)}{\partial t}\,L(x)$ und $-\frac{\partial i(x,t)}{\partial x} = \frac{\partial u(x,t)}{\partial x}\,C(x)$ nach Einsetzen von $u = U(x)\,e^{j\omega t}$ und $i = I(x)\,e^{j\omega t}$, nochmaliger Differentiation und Eliminieren die Differentialgleichungen:

$$\frac{d^2 U(x)}{d x^2} - \frac{1}{L(x)}\,\frac{d L(x)}{d x}\,\frac{d U(x)}{d x} + \omega^2 L(x)\,C(x)\,U(x) = 0, \qquad (1)$$

$$\frac{d^2 I(x)}{d x^2} - \frac{1}{C(x)}\,\frac{d C(x)}{d x}\,\frac{d I(x)}{d x} + \omega^2 L(x)\,C(x)\,I(x) = 0. \qquad (2)$$

Die Lösungen dieser Gleichungen lassen sich zu

$$U_0 = \frac{U_l\,[\varphi_1'(l)\,\varphi_2(0) - \varphi_2'(l)\,\varphi_1(0)] + I_l\,j\,\omega L(l)\,[\varphi_1(l)\,\varphi_2(0) - \varphi_2(l)\,\varphi_1(0)]}{\varphi_2(l)\,\varphi_1'(l) - \varphi_1(l)\,\varphi_2'(l)} \qquad (3)$$

und

$$I_0 = \frac{U_l\,[\varphi_2'(l)\,\varphi_1'(0) - \varphi_1'(l)\,\varphi_2'(0)] + I_l\,j\,\omega\,L(l)\,[\varphi_2(l)\,\varphi_1'(0) - \varphi_1(l)\,\varphi_2'(0)]}{j\,\omega\,L(0)\,[\varphi_2(l)\,\varphi_1'(l) - \varphi_1(l)\,\varphi_2'(l)]} \qquad (4)$$

angeben, wenn die Funktionen φ_1 und φ_2 die bekannte Bedeutung eines Hauptsystems von Lösungen haben. In Wellenparametern dargestellt haben die Gl. (3) und (4) die Form:

$$U_0 = \mathfrak{A}\,U_l + \mathfrak{B}\,I_l \quad (3') \qquad \text{und} \qquad I_0 = \mathfrak{C}\,U_l + \mathfrak{D}\,I_l. \quad (4')$$

Nach einigen Umrechnungen läßt sich zunächst zeigen, daß die Determinante des Gleichungspaares (3′) und (4′) der Determinantenbeziehung der Vierpoltheorie genügt; es gilt die Gleichung $\Delta_v = 1$. Weiter ergeben sich Leerlauf- und Kurzschlußwiderstand am Leitungseingang durch wechselweises Nullsetzen von U_l und I_l und Dividieren zu

$$R_l^0 = j\,\omega\,L(0)\,\frac{\varphi_1'(l)\,\varphi_2(0) - \varphi_2'(l)\,\varphi_1(0)}{\varphi_2'(l)\,\varphi_1(0) - \varphi_1'(l)\,\varphi_2'(0)} \qquad (5)$$

und

$$R_k^0 = j\,\omega\,L(0)\,\frac{\varphi_1(l)\,\varphi_2(0) - \varphi_2(l)\,\varphi_1(0)}{\varphi_2(l)\,\varphi_1'(0) - \varphi_1(l)\,\varphi_2'(0)}. \qquad (6)$$

Als Randwertaufgaben der Differentialgleichung (1) lassen sich zur Kennzeichnung der Zustände $R_k^0 = 0$ und $R_k^0 = \infty$ bzw. $R_l^0 = 0$ und $R_l^0 = \infty$ die Gleichungen:

$$U_l = 0, \quad U_0 = 0 \qquad (a)$$

und

$$U_l = 0, \quad \left(\frac{d U}{d x}\right)_{x=0} = 0 \qquad (b)$$

bzw.

$$\left(\frac{d U}{d x}\right)_{x=l}, \quad U_0 = 0 \qquad (c)$$

und

$$\left(\frac{d U}{d x}\right)_{x=l} = 0, \quad \left(\frac{d U}{d x}\right)_{x=0} = 0 \qquad (d)$$

aufstellen. Damit diese Randwertaufgaben lösbar sind, muß ω bestimmte Werte annehmen, die man bekanntlich als Eigenwerte bezeichnet. Es läßt sich zeigen, daß zwischen zwei Eigenwerten der Randwertaufgabe (a) genau ein Eigenwert der Randwertaufgabe (b) und zwischen zwei Eigenwerten der Randwertaufgabe (c) nur ein Eigenwert der Randwertaufgabe (d) liegt; also treten sowohl bezüglich des Leerlaufwiderstandes als auch des Kurzschlußwiderstandes unendlich viele ausgezeichnete Frequenzen ω_i auf, bei denen der Eingangswiderstand verschwindend klein und bei denen er unendlich groß ist. Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Polen liegt genau eine Nullstelle und umgekehrt. Die Rechnung ergibt ferner, daß die Eingangsblindwiderstände mit wachsender Frequenz nur stetig zunehmen und bei jedem Pol von $+\infty$ auf $-\infty$ springen. Für den Leerlauf- und Kurzschlußwiderstand der inhomogenen Leitung gilt somit das Zobelsche Reaktanztheorem. Bei Anwendung der Regeln der Vierpoltheorie auf die Gl. (3′) und (4′) erhält man:

$$R_l^0 = \frac{\mathfrak{A}}{\mathfrak{C}} \quad (5') \qquad \text{und} \qquad R_k^0 = \frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{D}} \qquad (6')$$

a Einzelleitungen,
b doppeltsymmetrische Leitung erster Art,
c doppeltsymmetrische Leitung zweiter Art

Bild 9. Doppeltsymmetrische Leitungen erster und zweiter Art.

Schaltet man in Reihe zu einer Leitung dieselbe umgedrehte Leitung, so erhält man immer eine längssymmetrische Leitung. Je nachdem, ob die beiden Leitungsstücke in Bild 9a nach Bild 9b oder nach Bild 9c zusammengeschaltet sind, spricht man von einer „doppeltsymmetrischen Leitung 1. Art" oder einer „doppeltsymmmetrischen Leitung 2. Art". Für die doppeltsymmetrische Leitung 1. Art gilt:

$$U_0 = (\mathfrak{A}\,\mathfrak{D} + \mathfrak{B}\,\mathfrak{C})\,U_{2l} + 2\,\mathfrak{A}\,\mathfrak{B}\,I^0_{2l} \qquad (7)$$

und

$$I_0 = 2\,\mathfrak{C}\,\mathfrak{D}\,U_{2l} + (\mathfrak{A}\,\mathfrak{D} + \mathfrak{B}\,\mathfrak{C})\,I_{2l} \qquad (8)$$

und daraus:

$$R_k = \frac{2\,\mathfrak{A}\,\mathfrak{B}}{\mathfrak{A}\,\mathfrak{D} + \mathfrak{B}\,\mathfrak{C}} \quad (9) \quad \text{und} \quad R_l = \frac{\mathfrak{A}\,\mathfrak{D} + \mathfrak{B}\,\mathfrak{C}}{2\,\mathfrak{C}\,\mathfrak{D}} \qquad (10)$$

d. h. die Nullstellen des Kurzschlußwiderstandes der Teilleitung [$\mathfrak{B} = 0$ in Gl. (6')] bleiben ebenso erhalten, wie die Pole des Leerlaufwiderstandes der ersten Teilleitung [$\mathfrak{C} = 0$ in Gl. (5')]; dazu kommen aber noch weitere Nullstellen des Kurzschlußwiderstandes [$\mathfrak{A} = 0$ in Gl. (9)], die dort liegen, wo der Leerlaufwiderstand der ersten Teilleitung seine Nullstellen hat, und weitere Pole des Leerlaufwiderstandes [$\mathfrak{D} = 0$ in Gl. (10)], die dort liegen, wo der Kurzschlußwiderstand der Teilleitung seine Pole hat. Die Gleichungen für die doppeltsymmetrische Leitung 2. Art erhält man, wenn man in den eben abgeleiteten Gleichungen $\mathfrak{A}$ mit $\mathfrak{D}$ vertauscht. Die Anwendung dieser Erkenntnis auf das Übertragungsmaß der inhomogenen symmetrischen Leitung führt zur Feststellung, daß jede solche Leitung Durchlaßbereiche und Sperrbereiche besitzt. Erstere treten dann auf, wenn R_l und R_k das entgegengesetzte Vorzeichen haben, letztere bei gleichem Vorzeichen von R_l und R_k. Es läßt sich aber zeigen, daß mit wachsender Frequenz die Eigenwerte der inhomogenen Leitung sich asymptotisch denen der homogenen Leitung nähern, bei der bekanntlich die Nullstellen des Kurzschlußwiderstandes mit den Polen des Leerlaufwiderstandes zusammenfallen. Da bei $\omega = 0$ der Kurzschlußwiderstand Null, anschließend induktiv und der Leerlaufwiderstand unendlich, anschließend kapazitiv ist, besitzt jede Leitung im Bereich der tiefsten Frequenzen einen Durchlaßbereich. Bei der homogenen Leitung folgt kein Sperrbereich. Die Sperrbereiche der inhomogenen symmetrischen Leitung werden mit wachsender Frequenz immer schmaler werden.

Die bisher aufgestellte allgemeine Theorie wird nun auf die sogenannte Exponentialleitung nach **Burrows** angewandt, die folgende Eigenschaften besitzt:

$$L(x) = a\,e^{\varkappa x} \quad \text{und} \quad C(x) = b\,e^{-\varkappa x}, \quad \text{d. h.} \quad L(x)\,C(x) = a\,b\,.$$

Nach Berechnen der Vierpolparameter durch Lösen der entsprechend umgeformten Gl. (1) ergeben sich für den Kurzschluß- und Leerlaufwiderstand die Gleichungen

$$R^0_l = \frac{\frac{\varkappa}{2}\left(e^{\frac{\gamma}{2}l} - e^{-\frac{\gamma}{2}l}\right) + \frac{\gamma}{2}\left(e^{\frac{\gamma}{2}l} + e^{-\frac{\gamma}{2}l}\right)}{j\,\omega\,b\left(e^{\frac{\gamma}{2}l} - e^{-\frac{\gamma}{2}l}\right)}$$

und

$$R^0_k = \frac{-j\,\omega\,a\left(e^{\frac{\gamma}{2}l} - e^{-\frac{\gamma}{2}l}\right)}{\frac{\varkappa}{2}\left(e^{\frac{\gamma}{2}l} - e^{-\frac{\gamma}{2}l}\right) - \frac{\gamma}{2}\left(e^{\frac{\gamma}{2}l} + e^{-\frac{\gamma}{2}l}\right)}$$

wenn $\gamma = \sqrt{\varkappa^2 - 4\,\omega^2\,a\,b}$ gesetzt ist und $\varkappa^2 \neq 4\,\omega^2\,a\,b$ ist. Es liegt der Fall vor, daß sich die Nullstellen des Kurzschlußwiderstandes mit den Polen des Leerlaufwiderstandes decken, denn es gilt in beiden Fällen $e^{\frac{\gamma}{2}l} - e^{-\frac{\gamma}{2}l} = 0$. Die Diskussion dieser Gleichung führt zu der Feststellung, daß die Eigenwerte der Gleichung:

$$\omega_i = \frac{f\,\pi}{\sqrt{a\,b}\,l}\sqrt{1 + \frac{\varkappa^2\,l^2}{f^2\,\pi^2}}$$

genügen. Berücksichtigt man, daß im Fall der homogenen Leitung ($\varkappa = 0$) $\omega = \frac{f\,\pi}{\sqrt{a\,b}\,l}$ ist, so erkennt man, daß mit wachsender Frequenz die Nullstellen des Kurzschlußwiderstandes und die Pole des Leerlaufwiderstandes immer näher an die homogene Leitung heranrücken. Die Eigenwerte für die Nullstellen des Leerlaufwiderstandes und die Pole des Kurzschlußwiderstandes bestimmen sich aus der Gleichung:

$$\omega = \frac{(2f+1)\,\pi}{2\sqrt{a\,b}\,l}\sqrt{\left(1 \pm \frac{\psi}{(2f+1)\frac{\pi}{2}}\right)^2 + \left(\frac{\varkappa\,l}{(2f+1)\frac{\pi}{2}}\right)^2},$$

wenn (11)

$$\psi = \operatorname{arc\,tg}\frac{\varkappa}{\sqrt{4\,\omega^2\,a\,b - \varkappa^2}}$$

ist. Auch hier findet also mit wachsender Frequenz ein Annähern an die Werte für die homogene Leitung ($\varkappa = 0$) statt. Eine Betrachtung der Widerstandseigenschaften einer doppeltsymmetrischen Exponentialleitung 1. Art führt zu dem Ergebnis, daß zwischen den beiden durch + und — unter der Wurzel von Gl. (11) unterschiedenen Frequenzen Sperrbereiche auftreten; ihre Breite errechnet sich zu

$$\Delta\,\omega = \frac{(2f+1)\,\pi}{2\sqrt{a\,b}\,l}\left(\sqrt{\frac{\varkappa^2\,l^2}{\left((2f+1)\frac{\pi}{2}\right)^2} + \left(1 + \frac{\psi}{(2f+1)\frac{\pi}{2}}\right)^2} - \sqrt{\frac{\varkappa^2\,l^2}{\left((2f+1)\frac{\pi}{2}\right)^2} + \left(1 - \frac{\psi}{(2f+1)\frac{\pi}{2}}\right)^2}\right);$$

sie nimmt mit zunehmender Frequenz ab.

Schließlich wird noch die sogenannte Potenzleitung untersucht, bei der die Induktivität mit einer Potenz der Länge zunimmt. Die Lösung der Spannungsgleichung führt auf Zylinderfunktionen. Für die doppeltsymmetrische Leitung dieser Art lassen sich wieder Durchlaß- und Sperrbereiche feststellen.

E. C. M.

DK 537.53 : 621.316.933.3

Kontaktstrahlung bei Lösch- und Ionisierungsfunkenstrecken. [Nach W. M. E. Berkey, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 429; 4 S., 10 B.]

Bei der Untersuchung der im Bild 10 dargestellten Durchschlagsicherung mit einer metallischen Platte und einem dieser gegenüberstehenden Ringkörper aus Messing als

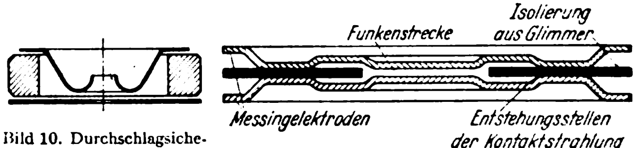


Bild 10. Durchschlagsicherung mit keramischem Abstandhalter und Metallelektroden.

Bild 11. Löschfunkenstrecke für Überspannungsableiter.

Elektroden, die von einem isolierenden Abstandhalter umschlossen werden, ergab sich ein überraschend niedriges Stoßverhältnis (Verhältnis der Durchbruchspannungen zwischen den Elektroden bei Spannungsstoß und betriebsfrequentem Wechselstrom von 60 Hz), wenn dieser Abstandring aus einem titandioxydhaltigen keramischen Werkstoff hoher Dielektrizitätskonstante mit $\varepsilon = 80$ bis 100 bestand. Die anfängliche Vermutung, daß die Erniedrigung des Stoßverhältnisses aus radioaktiven Wirkungen des rutilhaltigen Werkstoffes zu erklären sei, wurde durch die weiteren Untersuchungen nicht bestätigt. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß die hohe Dielektrizitätskonstante eines daraus gefertigten Abstandringes zu Feldverdichtungen des Verschiebungsstromes durch einen solchen Ring Anlaß gibt, die eine die Durchbruch-Stoßspannung und damit das Stoßverhältnis erniedrigende, von den Stellen der Berührung des Isolierringes mit den Elektroden ausgehende Strahlung zur Folge haben. Die Entdeckung dieser Kontaktstrahlung in eingeschlossenen Funkenstrecken erklärt die Tatsache, daß Lösch- und Ionisierungsfunkenstrecken, wie sie in Überspannungsableitern verwendet werden, ein niedrigeres Stoßverhältnis aufweisen als gegen äußere ionisierende Strahlungen geschützte Funkenstrecken mit gleichartigen Elektroden ohne isolierenden und sie umschließenden Abstandring. Bild 11 zeigt eine Löschfunkenstrecke mit einem

Abstandring aus Glimmer für Überspannungsableiter. Das mittlere Stoßverhältnis einer solchen Funkenstrecke liegt bei 1,05. *O. N.*

DK 621.315.615.011.5

Einfluß des Wassergehaltes auf das dielektrische Verhalten von Isolierflüssigkeiten. [Nach F. M. Clark, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 433; 9 S., 31 B.]

Allgemein setzt Wasser die dielektrische Festigkeit von flüssigen und festen Isolierstoffen merklich herab und wird daher durch Trocknen, Imprägnieren der festen Körper sowie Filtrieren der Flüssigkeiten ausgetrieben. Bei Isolierflüssigkeiten muß der Wassergehalt innerhalb bestimmter Grenzen bleiben. Für die quantitative Bestimmung des in Mineralölen und ähnlichen Flüssigkeiten enthaltenen Wassergehaltes gibt es eine Reihe von Verfahren; von diesen wird das chemische Reaktionsverfahren mit Einleiten von getrocknetem Stickstoff in eine bestimmte Prüfflüssigkeit[1]) hervorgehoben und für die Messungen benutzt. Die Lösungsfähigkeit der Isolierflüssigkeit für Wasser hängt von ihrem chemischen Aufbau und den umgebenden Bedingungen ab. Die synthetischen unentflammbaren Isolierflüssigkeiten haben im allgemeinen einen hohen Oxydationswiderstand und ändern ihre Wasserlöslichkeit während der Verwendung kaum, so daß die Löslichkeit von neuem und benutztem Pyranol praktisch zusammenfällt. Wird die Wasseraufnahmefähigkeit von Isolierflüssigkeiten überschritten, so fällt der überschüssige Wassergehalt in Form kleiner Partikel aus; der Grenze der Wasseraufnahmefähigkeit der Isolierflüssigkeiten kommt deshalb eine gewisse praktische Bedeutung zu. Durch die große Affinität von Zellulose zu Wasser kann der Wassergehalt von Isolierflüssigkeiten durch Einlagern von Zellulosekörpern vermindert werden; im Laufe längerer Zeit kommt es dabei zu einem Feuchtigkeits-Gleichgewichtszustand, der durch die Absorptionsvorgänge bestimmt ist. Auch durch Filtern durch Papier läßt sich der Wassergehalt von Isolierflüssigkeiten beträchtlich absenken, wie die Filterkennlinien erkennen lassen. Über das Verhalten von Mineralölen und Pyranol werden zahlreiche neue Meßergebnisse in Schaulinienform angegeben. Für betriebliche Untersuchungen ist das bekannte Verfahren der Wassergehaltbestimmung durch Ermitteln des Trübungspunktes vorteilhaft. Die erniedrigende Wirkung des Wassergehaltes auf die dielektrische Festigkeit ist außer von der Wassermenge noch abhängig von den übrigen Staubpartikelchen, von der Spannungshöhe und -steigerung sowie von der Temperatur, weshalb die Prüfbedingungen bei Untersuchungen eindeutig festgelegt sind und streng eingehalten werden müssen, wenn vergleichbare Ergebnisse beabsichtigt sind. Dies gilt auch für Gleichspannungsprüfungen, obwohl das Verhältnis von Gleich- zu Wechselspannungs-Durchschlagsfestigkeit keine Konstante ist, sondern etwa zwischen 0,89 bis 1,58 schwankt. Diese Zusammenhänge werden an einigen Ölsorten und Pyranol veranschaulicht. *Tsch.*

Physik

DK 621.385.832.013

Meßvorrichtungen zur Bestimmung der elektronenoptischen Hauptdaten von rotationssymmetrischen Elektronenlinsen, mit dem Ziel der geometrischen Bildkonstruktion. [Nach A. Sándor, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 7, S. 401; 23 S., 9 B.]

Bisher war man bei Untersuchungen über elektronenoptische Abbildungsvorgänge rotationssymmetrischer Linsensysteme auf Versuche an der Elektronenröhre selbst angewiesen. Nur in verhältnismäßig einfachen Fällen, in denen die Potentialverteilung des Linsenfeldes errechnet oder gemessen werden konnte, waren Abbildungen auf graphischem Wege durch Konstruktion der Elektronenbahnen darstellbar. Solche Verfahren waren zum Teil sehr zeitraubend.

Auf Grund der weitgehenden Analogie zur Lichtoptik war es naheliegend, Abbildungsvorgänge ohne Kenntnis der Potentialverteilung, nur mit Hilfe der optischen Hauptgrößen, wie Brennweiten und Hauptebenen, rein geometrisch nachzubilden. Das Problem wird auf eine lichtoptische Ersatzlinse beliebiger Dicke zurückgeführt, die bei Zusammenlegung ihrer beiden Hauptebenen eine dünne Linse im Sinne der Abbildungsgesetze vorstellt. Sind die Grundvoraussetzungen, wie praktisch fehlerfreie paraxiale Abbildung und brechungsfreie Objekt- und Bildräume erfüllt, dann vollzieht sich die Bildkonstruktion genau nach Grundsätzen der geometrischen Lichtoptik mittels geraden achsenparallelen und Fokalstrahlen, wobei gekrümmte Trägerbahnen innerhalb des Linsenfeldes gleichfalls durch geradlinige Hilfsstrahlen ersetzt werden. Zur Abbildung eines Objektpunktes genügen zwei der genannten Strahlen. Magnetische Linsen können wie elektrostatische Systeme als isotrop behandelt werden, wenn man die mit dem Elektron um die optische Achse sich drehende Ebene als Konstruktionsebene auffaßt.

Mit dem Ziel einer derartigen Bildkonstruktion werden praktische Meßgeräte für sämtliche Ausführungsformen drehsymmetrischer Elektronenlinsen mit Sammelwirkung entwickelt bzw. vorgeschlagen. Allen Geräten ist ein aus der Lichtoptik bekanntes Meßprinzip gemeinsam, welches auf der Bildung und darauf folgenden Sammlung eines Parallelstrahlbündels beruht. Das Meßgerät für rein magnetische Linsen ist ganz besonders einfach und besteht der Hauptsache nach in einer abgeschmolzenen zylindrischen Kathodenstrahlröhre, in deren Achse die koaxial gelagerte Versuchslinse verschoben wird.

Zunächst wird ein einfaches Gerät für magnetische Systeme, sodann ein Präzisionsgerät entwickelt. Eine besondere Ausführungsform speziell für elektrostatische Rohrlinsen, ein Präzisionsgerät für alle Arten elektrischer Linsen und zuletzt ein Universalgerät für sämtliche Formen von elektrischen und magnetischen oder aus beiden kombinierten Linsensystemen werden vorgeschlagen.

Außer für den Sonderzweck der Bestimmung elektronenoptischer Hauptdaten sind u. a. noch folgende Untersuchungen ausführbar: Feststellung des räumlichen Verlaufs der Elektronenbahnen, Messung der Bilddrehung von Magnetlinsen, Nachweis der wichtigsten Abbildungsfehler für achsenparallel einfallende Strahlen usw.

[1]) D. M. Smith u. W. M. D. Bryant, Amer. chem. Soc. J. 57 (1935) S. 841.

Werkstatt und Baustoffe

DK 621.315.616.96 + .617.4

Erfahrungen mit Isolierlacken auf Kunstharzgrundlage. [Nach H. Burmeister, Kunststoffe 30 (1940) S. 367; 6½ S., 2 B., 1 Taf.]

Die bisher in der Elektrotechnik angewendeten ölarmen Isolierlacke haben eine gute Aufnahme gefunden, wenn auch der völlige Übergang auf ölfreien Isolierlack noch weitere Entwicklungsarbeiten bei Lack- und Kunstharzherstellern erfordert. Die wechselnde Verwendung der Erzeugnisse bringt unterschiedliche Anforderungen mit sich. H. Burmeister teilt die Erfahrungen seitens der verbrauchenden Industrie mit den neuentwickelten ölarmen und ölfreien Lacken auf Kunstharzbasis mit, wobei Hinweise für die weitere Entwicklungsarbeit an diesen heimischen Werkstoffen gegeben werden.

Drahtlacke ermöglichen wegen des geringen Isolationsauftrages einen hohen Füllfaktor, außerdem haben sie eine bemerkenswerte Temperaturunempfindlichkeit, so daß sie eine hohe Ausnutzung der aktiven Baustoffe zulassen. Lackdrahtisolierung ist feuchtigkeitsfest, gibt hohe mechanische Festigkeit und ist beständig gegen chemische Einflüsse sowie Alterung. Die handelsüblichen Lacke gestatten eine Isolation nach Klasse A und besitzen meist die erforderliche Druckwärme- und Alterungsbeständigkeit; die Verarbeitung ist je nach der Herstellung verschieden. Auch ölarme Drahtlacke für Klasse B-Isolation werden bereits verwendet. Völlig ölfreie Drahtlacke sind bisher noch selten; diese Neustofflacke entsprechen hinsichtlich Wärme- und Druckfestigkeit den gestellten Anforderungen, während bezüglich der Lösungsmittelbeständigkeit zur Zeit noch gewisse Vorbehalte notwendig sind. Frühere Ölrotlackdrähte haben sich bewährt. Bei ölarmen Rotlackdrähten sind zwei Gruppen zu unterscheiden, von denen die eine die Anforderungen der Wärmeklasse B erfüllt, die andere bei einer Druckwärmebelastung von 100° keine nennenswerte Durchschlagsfestigkeit mehr aufweist. Eine entsprechende Gruppierung zeigen die völlig ölfreien Drahtlacke. Die beiden amerikanischen Lackdrahtsorten Formex und Formvar auf der Grundlage von Azetalen besitzen die Wärmedruckbeständigkeit für Klasse B.

Verwendet werden Lackdrähte besonders im Elektromotorenbau, in der Fernmelde- und Schwachstromtechnik. Dem entsprechen die besonderen Anforderungen an den Lack: Im Elektromaschinenbau ist hohe Dauerwärmebeständigkeit, in der Fernmeldetechnik gute Oberflächenbeschaffenheit bei gleichmäßiger Farbe, ausreichender mechanischer Festigkeit und hohem Isolationswiderstand Vorbedingung für die Benutzung. In Erweiterung der DIN 6450-Prüfungen werden die Drähte daher zusätzlich geprüft auf Öl- und Lösungsmittelbeständigkeit, Dehnung, Isolationsfehler, Durchschlagspannung und Wärmedruckverhalten. Erwünscht ist eine unbegrenzte Lagerbeständigkeit und Korrosionssicherheit bzw. Tropenfestigkeit.

Unter Tränklacken werden ungefüllte Lacke verstanden, die Imprägnierzwecken dienen. Durch die sich bei Kunstharzen

mit der Temperatur ändernde Viskosität entstehen beim Tränken umsponnener Teile grundsätzliche Schwierigkeiten; verbesserte Lösungsmittel befinden sich zur Zeit in der Bearbeitung. Dagegen sind Kunstharzlacke als Decklacke für die Oberflächenbehandlung verwendbar, wenn die Alterungsbeständigkeit gewährleistet ist. Durch Erhöhen der Wirtschaftlichkeit der Verarbeitung läßt sich die Einführung erheblich fördern. Für glasumsponnene Drähte erscheinen die härtenden Lacke mit hoher Wärmebeständigkeit aussichtsreich.

Für das Tränken von Gewebebahnen an Lackierwalzen besteht die Möglichkeit, Kunstharze erfolgreich zu verwenden. Hier ist zu untersuchen, ob Alkydharze oder plastifizierte Harnstoffharze betrieblich brauchbare Lacke ergeben oder ob zusätzliche Ölmengen notwendig werden. Die Eigenschaften der Lackgewebe stellen besondere Anforderungen an die Tränklacke, und zur Zeit sind noch keine allen Anforderungen genügenden Kunstharzlacke erhältlich; aussichtsreiche Entwicklungsarbeiten dafür sind aber im Gange. Das gleiche gilt auch von Lackgewebe- und Isolierschläuchen, deren Herstellung zunächst noch Leinölzusätze erfordert.

Als Überzugslacke für Bleche wurden früher gefüllte und ungefüllte Öllacke mit hohem Holzölanteil verwendet; heute dienen dafür kunstharzhaltige ölarme Lacke mit gutem Erfolge. Als Überzugslacke für Kriechstromschutz sind härtbare Kunstharzlacke aber nicht geeignet, da sie leitende Kohlebrücken bilden können. *an.*

DK 669.14

Unmagnetische Baustähle. [Nach G. Riedrich, Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 815; 2½ S., 6 B.]

Für solche stählernen Walzerzeugnisse und Schmiedestücke elektrischer Maschinen, die unmagnetisierbar sein müssen, wurden in Zeiten, in denen mit Nickel nicht gespart zu werden brauchte, meist Nickel-Mangan- oder Nickel-Mangan-Chrom-Stahllegierungen etwa folgender zwei Zusammensetzungen verwendet:

Kohlenstoff	0,5%	oder	0,5%
Mangan	5 „		8 „
Nickel	13 „		8 „
Chrom	bis 3,5 „	bis	3,5 „.

In unmagnetischen Stählen können Nickel und Mangan sich gegenseitig vertreten; 1% Mangan hat etwa dieselbe Wirkung wie 2% Nickel. Ein gänzlich nickelfreier Stahl, der als sogenannter Manganhartstahl schon lange bekannt ist, aber meist nur für stoßverschleißfeste Teile, z. B. Steinbrecherbacken, verwendet wurde, hat im Mittel 1 bis 1,4% Kohlenstoffgehalt und 13% Mangan. Er ist zwar auch unmagnetisch, wurde aber trotz seines niedrigeren Preises in der Elektroindustrie früher nur selten verwendet, da er sich noch schwerer als Nickelmanganstähle bearbeiten läßt, die sich bekanntlich auch noch schwerer als alle magnetischen Stähle bearbeiten lassen. Heute, wo uns Hartmetallwerkzeuge und Sondererfahrungen zur Verfügung stehen, läßt sich Manganhartstahl nicht nur durch Schleifen bearbeiten, sondern auch drehen, bohren und sogar sägen. Die Bearbeitung, abgesehen vom Drehen, erweist sich aber meist als wenig wirtschaftlich, so daß es zu begrüßen ist, daß die Stahlindustrie sich bemüht hat, auch unmagnetische, nickelfreie Manganstahlsorten mit besserer Bearbeitbarkeit auf den Markt zu bringen. Die Verbesserung geschah durch Erniedrigen des Kohlenstoffgehaltes, wobei allerdings der Mangangehalt erhöht werden mußte. Ein solcher Stahl hat beispielsweise 0,3% Kohlenstoff und 18% Mangan.

An 19 Manganstählen verschiedener Zusammensetzung wurden Drehversuche mit verschiedener Schnittgeschwindigkeit vorgenommen, wobei die Standzeit ermittelt wurde. Auch über einige Bohrversuche wird berichtet. Gedreht und gebohrt wurde mit Schnellarbeitsstählen. Die geprüften 19 Stähle hatten verschiedenen Kohlenstoffgehalt von 0,25 bis 0,93%. Die zulässige Schnittgeschwindigkeit war um so größer, je geringer der Kohlenstoffgehalt bei gleichbleibendem Mangangehalt von rd. 18% war. Ein Teil der 19 Stähle hatte außerdem Gehalte an Chrom bis zu 8%, Nickel bis 2%, Kobalt bis 4,7%, Silizium bis 2,3%, Schwefel bis 0,05% und Stickstoff bis 0,12% zwecks Klärung der Fragen, ob und inwieweit dadurch Bearbeitbarkeit, Streckgrenze und Dehnung beim Zugversuch beeinflußt werden. *Lst.*

DK 621.791.352+.355

Elektrisches Hartlöten. [Nach R. J. Wensley, Weld. J. 19 (1940) S. 754; 4½ S., 9 B.]

Bei dem seit über 30 Jahren verwendeten Hartlöten[1]) zur festen Verbindung von Metallteilen wurde anfänglich meist Holzkohle zur Erwärmung benutzt. Die Lote bestehen im allgemeinen aus Silberlegierungen mit bis zu 80% Silber mit oder ohne Molybdänzusätzen oder neuerdings vielfach aus Kupfer-Phosphor-Legierungen. Im Laufe der Jahre gewann die elektrische Erwärmung der Lötstelle an Bedeutung, wofür der Lichtbogen, elektrisch beheizter Kammerofen oder die Widerstandserwärmung angewendet wurde. R. J. Wensley teilt Erfahrungen aus dem Leistungsschalterbau über hartgelötete, elektrisch nach dem Widerstandsverfahren erwärmte Verbindungen mit.

Die Erwärmung der Lötstellen wird dabei mit Hilfe verhältnismäßig hoher Ströme und kleiner Spannungen ähnlich wie bei Punktschweißmaschinen in ziemlich kurzer Zeit hervorgerufen; in besonderen Fällen können geheizte Widerstandsanordnungen als Wärmequelle benutzt werden, häufig wird aber die Verbindungsstelle selbst als Widerstand unter Benutzung von Kohlestücken als Wärmespeicher in den Stromkreis eingeschaltet. Bis vor 5 Jahren wurden in einem amerikanischen Herstellerwerk lediglich Gas und Azethylen zur Erwärmung der Lötstelle verwendet; danach benutzte man in versuchsweiser Erprobung einen 25 kVA-Heiztransformator für 5 V Sekundärspannung bei kleineren Lötstellen, der bis zu 4000 A Heizstrom abgab. Als Elektroden wurden Lichtbogenkohlen benutzt. Die Ergebnisse mit dieser Einrichtung waren so günstig, daß diese sich zur Zeit noch in Betrieb befindet und sechs weitere ähnliche Einrichtungen auch für andere Leistungen gebaut und in Betrieb sind. Hiervon hat eine 25, drei 50, eine weitere 75 und eine 150 kVA Anschlußwert, welche Einrichtungen für die verschiedenen Querschnitte und Nichteisenmetalle zum elektrischen Hartlöten verwendet werden. Auf Grund der günstigen Ergebnisse wurden viele Schraub-, Niet- und Weichlotverbindungen auf elektrische Hartlötung umgestellt, da sich hierdurch Werkstoffersparnisse und verminderte Maschinen- und Fertigungszeiten ergaben.

Die nach Art von Punktschweißköpfen gebaute Hartlöt-Einrichtung besitzt eine obere und eine untere Elektrode, zwischen die die zu verbindenden, mit der Lotlegierung versehenen Metallteile unter Zwischenlage von Kohleblöcken als Wärmespeicher eingebracht werden; dabei hat sich die Verwendung von Flußmitteln bewährt. Die Teile werden mit einem gewissen Druck aufeinander gepreßt, wonach der Strom eingeschaltet wird. Hierdurch findet ein rascher Temperaturanstieg der Metallteile statt, das Flußmittel und das Lot fließt, wonach der Strom wieder ausgeschaltet wird, anfänglich der Preßdruck auf die Verbindung aber noch bestehen bleibt. Durch Abkühlen und Verfestigen ist dann die Verbindung fertig. Besonders bei unbearbeiteten Teilen ist die Vorbereitung der Stoßstellen für gute Lötung durch mechanische Zurichtung sowie mechanische und gegebenenfalls chemische Reinigung vorteilhaft; für letztere wird das Tauchen in Trichloraethylen verwendet.

Während sich diese Verarbeitung bei Kupferteilen gut bewährte, werden auch Bronze-, Messing- und Stahlteile derartig verbunden. Nach vielfachen Versuchen mit anderen Wärmespeichern erwiesen sich Kohleblöcke als am geeignetsten; die meisten haben die Abmessungen 75×150×20 mm. Für die Elektrodenwerkstoffe gelten die gleichen Gesichtspunkte wie bei Punktschweißmaschinen. Die verschiedenen Lote sind entsprechend den zu verbindenden Werkstoffen in ihrer Verarbeitungstemperatur abgestuft; sie werden in Form dünner Bleche oder als Metallpulver verwendet. Am Klemmenteil eines Druckluftschalters werden die verschiedenen Ansatzstücke mit verschiedenen Loten verarbeitet; an der größten Verbindungsstelle werden 40 kVA während 50 s benutzt, während bei den kleineren Teilen nur 25 kVA während 40 s erforderlich werden.

Die Anwendung der Hartlötung beschränkt sich im Leistungsschalterbau aber nicht auf Kontaktteile und Klemmenstücke, sondern umfaßt auch den gesamten Auslösespulenbau. Die aus Kupferschienen gebogenen Spulen werden sämtlich elektrisch hartgelötet, wobei Leistungen bis zu 75 kVA für mehrere Minuten Dauer erforderlich werden. Jede Lötverbindung der Spulen wird nach der Fertigung durch Spannungsabfallprüfung mit Gleichstrom geprüft. In dreijähriger Fabrikationszeit sollen bisher noch keinerlei Fehler an den gefertigten Spulen aufgetreten sein. Ein Schnellschalter für 600 A besitzt 45 elektrisch hartgelötete Verbindungsstellen. Bei der laufenden Herstellung von Verbindungen werden teilweise Ignitron-Steuerungen verwendet. Für Kontaktstellen sind molybdänhaltige Lote günstig. Weitere Anwendungsbeispiele für die elektrische Hartlötung aus dem Schalterbau ergänzen die Arbeit. Sauberkeit und geringe Nacharbeit geben der Elektrolötung auch wirtschaftliche Vorteile bei der Fertigung. *E. T.*

[1]) Vgl. auch ETZ 62 (1941) H. 1, S. 20.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker (Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

Prüfgeräte

Das seit Juni 1937 bestehende Normblatt

DIN VDE 300 Bl. 1 „Tastfinger zur Prüfung des Berührungsschutzes elektrischer Geräte"

(Entwurfsveröffentlichung ETZ 57 (1936) S. 1045) wird für ungültig erklärt, und seine Auslieferung durch den Beuth-Vertrieb wurde eingestellt, da es durch § 3 von VDE 0470/V. 41 „Regeln für Prüfgeräte und Prüfverfahren" (ETZ 62 (1941) H. 24, S. 561) ersetzt ist.

Installationsmaterial

Der Technische Ausschuß der Fachabteilung 6 „Isolierrohre" der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie hat einen Entwurf 1 zu

DIN 49072 „Unterputzdosen aus Stahlblech mit Auskleidung für Schalter und Steckdosen"

aufgestellt, der von der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, Berlin W 35, Corneliusstraße 3 zu beziehen ist. Auf dieses Normblatt ist in § 6 der neuen VDE-Bestimmungen VDE 0620/V. 41 „Vorschriften für Steckvorrichtungen bis 100 A 750 V" und VDE 0632/V. 41 „Vorschriften für Schalter bis 60 A 750 V" Bezug genommen. Der frühere Entwurf zu DIN VDE 9071 „Unterputzdosen aus Metall für Schalter und Steckdosen. Richtmaße" wird hierdurch ungültig (siehe ETZ 62 (1941) H. 18, S. 435).

Begründete Einsprüche sind bis zum 31. Oktober 1941 an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Maschinen

Der Ausschuß für Maschinen hatte eine Änderung zu

VDE 0530 U „Umstell-Vorschriften für elektrische Maschinen"

unter der Bezeichnung VDE 0530 Ua/V. 41 in ETZ 62 (1941) H. 22, S. 506 veröffentlicht. Hierzu erscheint in ETZ 62 (1941) H. 40/41, S. 825 der bereits angekündigte Einführungsaufsatz von K. Becker VDE und G. Kroker VDE, auf den wir hiermit aufmerksam machen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Neu erschienene Normblätter für Elektrotechnik

Die nachstehend aufgeführten Normblätter bzw. Einheitsblätter sind letzthin erschienen und können vom Beuth-Vertrieb, G.m.b.H., Berlin SW 68, Dresdener Str. 97, bezogen werden.

Gewinde

DIN 40 430 — Stahlpanzerrohr-Gewinde; Gewindeform (Juni 1941)

Gleislose Elektrofahrzeuge

DIN 43 568 — Elektrofahrzeuge; Batterietröge für Elektrolastwagen (Juni 1941)

Sicherungen

DIN 49 398 — Installationsmaterial; Schmelzeinsätze 250 V für Steckvorrichtungen (Juli 1941)

Nachrichtentechnik; Festkondensatoren

DIN E 41 332 — Elektrolyt-Kondensatoren, —40° bis +70°: Elektrische Daten und Aufbau (Mai 1941)
DIN E 41 333 — —, glatte Anode, —40° bis +70°: Zylindrisches Aluminiumgehäuse, ohne Befestigung (Mai 1941)
DIN E 41 334 — —, —, —: —, Bolzenbefestigung (Mai 1941)
DIN E 41 335 — —, —, —: —, Ovales Bodenblech (Mai 1941)
DIN E 41 336 — —, —, —: —, Quadratisches Bodenblech (Mai 1941)
DIN E 41 337 — —, —, —: Viereckiges Metallgehäuse, Bodenbefestigung (Mai 1941)
DIN E 41 342 — Keramik-Kondensatoren: Lackierte Scheibenkondensatoren (Mai 1941)
DIN E 41 343 — —: Lackierte Plattenkondensatoren (Mai 1941)
DIN E 41 344 — — (Calit, Elit, Frequenta): Lackierte Rohrkondensatoren mit Drahtanschluß (Mai 1941)
DIN E 41 345 — — (Condensa N, Kerafar W): Lackierte Rohrkondensatoren mit Drahtanschluß (Mai 1941)
DIN E 41 346 — — (Condensa C, Kerafar U): Lackierte Rohrkondensatoren mit Drahtanschluß (Mai 1941)
DIN E 41 347 — — (Calit, Elit, Frequenta): Lackierte Rohrkondensatoren mit Lötfahnenanschluß (Mai 1941)
DIN E 41 348 — — (Condensa F, Kerafar U): Lackierte Rohrkondensatoren mit Lötfahnenanschluß (Mai 1941)
DIN E 41 349 — — (Diacond, Tempa S): Lackierte Rohrkondensatoren mit Lötfahnenanschluß (Mai 1941)
DIN E 41 350 — — (Calit, Elit, Frequenta): Kondensatoren im Schutzrohr mit blanken Metallkappen (Mai 1941)
DIN E 41 351 — — (Condensa F, Kerafar U): Kondensatoren im Schutzrohr mit blanken Metallkappen (Mai 1941)
DIN E 41 352 — — (Diacond, Tempa S): Kondensatoren im Schutzrohr mit blanken Metallkappen (Mai 1941)

Röntgentechnik

DIN 6809 — Regeln für die Röntgendosismessung in der ärztlichen Praxis (Therapie) (Juli 1941)

Werkstoffe und Halbzeuge

DIN 1706 — Zink (Juni 1941)
DIN 1713 Blatt 1 — Aluminiumlegierungen: Einteilung; Knetlegierungen (Juni 1941)
DIN 1798 — Rundstangen aus Aluminium und Aluminiumlegierungen, gezogen (Mai 1941, 2. Ausgabe)
DIN 1776 — Messing-Vollprofile; Rund-, Flach-, Vierkant-, Sechskant- und Winkelmessing gezogen und gepreßt: Technische Lieferbedingungen (Juli 1941, 4. Ausgabe)
DIN 8061 — Kunststoffrohre aus Polyvinylchlorid (Rohrtyp): Eigenschaften und Richtlinien für die Verwendung (Juli 1941)
DIN 9721 — Zinkblech, hergestellt durch Paketwalzung (Juni 1941)
DIN 9722 — Zinkband, einzeln gewalzt (Juni 1941)
DIN 53 211 — Prüfung von Anstrichstoffen; Auslaufbecher zur Messung der Auslaufzeit von flüssigen Anstrichstoffen (Juli 1941)
DIN 53 451 — Prüfung von Kunststoffen: Richtlinien für die Herstellung von Proben (Mai 1941)
DIN 53 452 — —; Biegeversuch (Mai 1941)

Verschiedene Normen

DIN 1998 — Richtlinien für die Einordnung und Behandlung der Gas-, Wasser-, Kabel- und sonstigen Leitungen und Einbauten bei der Planung öffentlicher anbaufähiger Straßen (Mai 1941, 3. Ausgabe)

DIN 5381	Kennfarben für Schilder, Behälter, Leitungen, Maschinen, Geräte, Bedienteile usw. (Juli 1941)
DIN E 5602 Blatt 2	Passungen; Einführung der ISA-Passungen (Juli 1941)
DIN E 5603 Blatt 1	ISA-Passungen; Auswahl Einheitsbohrung und Einheitswelle (Mai 1941)
Blatt 2	—; Spiele und Übermaße (Mai 1941)
DIN E 5609	Zeichnungsvordruck für Schaltpläne (Juli 1941)

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Vortragsreihe

Das Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin veranstaltet in Gemeinschaft mit dem VDE Bezirk Berlin und der Berliner Mathematischen Gesellschaft die nachstehende Reihe und will damit dem Umstand Rechnung tragen, daß der neuzeitliche Maschinenbau gesteigerte Anforderungen an Festigkeit und Formgebung der heutigen Baustoffe stellt. Es sollen daher die auf anderen Gebieten, z. B. im Flugzeugbau, Bauwesen u. a. entwickelten und bewährten Theorien über Elastizität und Festigkeit auch dem Kreis der Elektroingenieure nahe gebracht werden.

Thema: „Neuere Festigkeitsprobleme des Ingenieurs".

1. Vortrag (27. 10. 1941)

   „Einführung in die Elastomechanik, I. Teil" Dr.-Ing. habil. K. Marguerre.

   Inhalt: Die Begriffe Schnittkraft, Spannung, Verzerrung. Das Elastizitätsgesetz. Der Balken unter Biegung und Torsion.

2. Vortrag (3. 11. 1941)

   „Einführung in die Elastomechanik, II. Teil" Dr.-Ing. habil. K. Marguerre.

   Inhalt: Die Formänderungsarbeit, Anwendung der energetischen Methode in der Balkentheorie. Platte und Scheibe.

3. Vortrag (10. 11. 1941)

   „Experimentelle Verfahren zur Spannungsbestimmung" Prof. Dr.-Ing. G. Mesmer.

   Inhalt: Messung der Spannungsänderung an der Oberfläche. — Statische und dynamische Dehnungsmessung. — Optischer Lack, Reißlack. — Messung der absoluten Spannung an der Oberfläche. — Röntgenmessung. — Anbohrverfahren. — Messung an Modellen. — Gummimodelle. — Spannungsoptik. — Erstarrungsverfahren.

4. Vortrag (17. 11. 1941)

   „Schwingungserscheinungen im Bau- und Maschinenwesen". Prof. Dr.-Ing. K. Klotter.

   Inhalt: Unterschied zwischen der statischen und der dynamischen Betrachtungsweise. — Eigenschwingungen. — Zahl der Freiheitsgrade. — Eigenfrequenzen. — Eigenwerte und Schwingungsformen bei einem, zwei und unendlich vielen Freiheitsgraden. — Erzwungene Schwingungen, Vergrößerungsfunktion, Resonanz. — Rolle der Dämpfung. — Schwingungsabschirmung.

5. Vortrag (24. 11. 1941)

   „Praktische Verfahren zur Lösung technischer Eigenwertprobleme". Prof. Dr.-Ing. R. Grammel.

   Inhalt: Eigenwertprobleme von Systemen mit endlich vielen Freiheitsgraden. — Iterations- und Mittelwertverfahren. — Eigenwertprobleme von kontinuierlichen Systemen. — Methoden von Rayleigh, Ritz. — Methode der sukzessiven Approximationen. — Beispiele.

6. Vortrag (1. 12. 1941)

   „Knick- u. Beulvorgänge". Dr.-Ing. habil. K. Marguerre.

   Inhalt: Spannungsprobleme und Stabilitätsprobleme. — Definition im Sinne der Energiemethode. — Anwendungen. — Plattenknickung, exakte Lösungen, Näherungsverfahren. — Schalenknickung, neuere Ergebnisse.

7. Vortrag (8. 12. 1941)

   „Festigkeit von Schalen". Dr.-Ing. habil. W. Flügge.

   Inhalt: Arten der Schalen. — Membranschalen: Drehschalen, Zylinderschalen, Schalen negativer Krümmung. — Biegesteife Schalen: Zylinder, Kuppel, Kesselboden. — Typischer Verlauf der Lösungen. — Stabilität.

8. Vortrag (15. 12. 1941)

   „Ausblick auf neuere Ansätze." Prof. Dr. G. Hamel.

   Inhalt: Nichtlineare Beziehung zwischen Formänderungen und Spannungen. — Prinzip der virtuellen Arbeiten, Minimalprinzipe, Eindeutigkeit, Stabilität. — Zusammenhang mit den entsprechenden Sätzen der allgemeinen Mechanik.

Zeit: Montag, abends pünktlich 18^{00}.

Ort: Technische Hochschule, Berlin-Charlottenburg, Berlinerstr. 171, Hörsaal 241 (Hauptgebäude der T. H.)

Teilnehmerkarten sind erhältlich:

a) bei Abholung: im Außeninstitut der Technischen Hochschule, Zimmer 235 (Hauptgebäude), Fernruf: 31 00 11, Apparat 262.

b) bei rechtzeitiger Voreinsendung der Betrages an den VDE Bezirk Berlin, Berlin-Charlottenburg, Postscheckkonto Berlin 45 163, erfolgt Zusendung der Teilnehmerkarten durch die Post.

Der Preis für sämtliche Vorträge beträgt:

für NSBDT-Mitglieder . .	8,— RM
für Studenten	4,— RM
für sonstige Teilnehmer . .	12,— RM

Karten für einzelne Vorträge werden nicht ausgegeben.

Die Kleiderablage ist frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Ort: VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.

Installationstechnik. Leiter: Dipl.-Ing. R. Schamberger VDE.
14. Oktober 1941, 18^{00}. „Zink- und Aluminiumleitungen in der Installation": a) Versuche und praktische Auswertung, b) Erfahrungen aus der Praxis. Vortragende: Obering. W. Sass VDE und Elektromeister E. Mäurer VDE.

Elektrotechnisches Rechnen. Leiter: Dr.-Ing. L. Mirow VDE.
15. Oktober 1941, 18^{00}. Vortragsreihe: Die symbolische Methode in der Wechselstromtechnik. „Einführung. Das Rechnen mit komplexen Zahlen". Vortragender: Dr.-Ing. L. Mirow VDE.

Hochspannungstechnik. Stellv. Leiter: Dipl.-Ing. F. Schultheiss VDE.
17. Oktober 1941, 18^{00}. Vortragsreihe: Kurzschlußströme in Hochspannungsnetzen. „Allgemeines über Kurzschlußströme in Hochspannungsnetzen". Vortragender: Dipl.-Ing. H. Neumann VDE.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
20. Oktober 1941, 18^{00}. „Die Bedeutung der Erdschlußlöschung und Querkompensation für den Betrieb von Hochspannungsanlagen". Vortragender: Dipl.-Ing. K.-H. Kahle VDE.

Fernmeldetechnik. Leiter: Dipl.-Ing. P. Mentz VDE.
21. Oktober 1941, 18^{00}. „Sicherungsanlagen für Bahnen. Teil 2". Vortragender: Obering. Dr.-Ing. habil. W. Schmitz.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. F. Grave VDE.
22. Oktober 1941, 18^{00}. Vortragsreihe: Hochspannungsmeßtechnik. „Hochspannungsmessung". Vortragender: Dipl.-Ing. R. Bauer.

Elektromaschinenbau und Elektrische Bahnen. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
23. Oktober 1941, 18^{00}. Vortragsreihe: Sonderformen elektrischer Maschinen. „Die Metadyne von Pestarini: Hauptarten, Eigenschaften, Vorläufer und Anwendungsgebiete. 1. Abend". Vortragender: Dr.-Ing. L.-P. Monath VDE.

Elektrizitätswerke. Leiter: Dipl.-Ing. H. Beling VDE.
24. Oktober 1941, 18^{00}. Vortragsreihe: Regelung von Dampfkesseln. „Dampfkessel und ihr Wirkungsgrad." Vortragender: Dipl.-Ing. Rupprecht Michel. (Fiel am 3. Oktober wegen der Führerrede aus.)

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus

Nachtrag zu der Zusammenstellung der erteilten Verbandszeichengenehmigungen vom 1. 2. 1940

Seit Herausgabe der obenerwähnten Zusammenstellung[1]) haben folgende in dieser Zusammenstellung noch nicht erwähnte Firmen die Erlaubnis zur Führung eines Verbandskennfadens für bestimmte Typen von Starkstrom- oder Fernmeldeleitungen erhalten:

[1]) ETZ 61 (1940) S. 47 u. 290.

Firma	für
Kabelwerk Krakau A. G., Krakau,	Starkstromleitungen
Kabelwerk Karl Thielmann, Haiger-Dillkreis,	Starkstromleitungen
Schwechater Kabelwerke GmbH, Wien,	Starkstromleitungen
Johannes Dort, Berlin,	Fernmeldeleitungen.

Die Genehmigung zur Führung des VDE-Zeichens hat erhalten die Firma

Chemieprodukte K. G., Bln.-Britz für Kabelvergußmasse A.

Installationsmaterial zum Anschluß von Al- oder Zn-Leitungen

Die nachstehend aufgeführten Firmen haben die Erlaubnis erhalten, an bestimmten Ausführungen ihrer Erzeugnisse neben dem VDE-Zeichen das Zeichen „Al"[1]) bzw. „Zn"[2]) anzubringen:

Firma	Gerätegruppen						
	Sicherungssockel	Fassungen und Armaturen	Abzweigdosen	Hauptleitungabzweigkästen	Steckdosen, Steckvorrichtungen	Installationsschalter	Geräteschalter
AEG Annaberg	Al		Al Zn		Al Zn	Al Zn	
Bender & Wirth		Al			Al		
Brunnquell & Co, Sondershausen		Al					
Busch-Jaeger-Lüdenscheider Metallwerke, Lüdenscheid		Al			Al	Al	
Gebr. Berker, Schalksmühle					Al	Al	Al
Dr. Deisting & Co, Kierspe					Al	Al	Al
R. Demmler's Wwe, Blechhammer			Al				
Elliner & Geissler, Dorfhain (Sa.)					Al	Al	
Gustav Giersiepen, Radevormwald					Al Zn	Al Zn	
Richard Giersiepen, Bergisch-Born						Al	
Chr. Geyer, Nürnberg	Al		Al	Al			
Heliowattwerke, Bln.-Charlottenburg	Al						
Hochköpper, Lüdenscheid					Al	Al	
Paul Jordan, Berlin-Steglitz	Al		Al				
A. Jung, Schalksmühle					Al	Al	
Lindner & Co, Jecha-S.	Al	Al Zn	Al	Al	Al	Al	
Maehler & Kaege, Nieder-Ingelheim		Al					
Metalluk, Bamberg		Al	Al				
L. Richter, Görlitz			Al				
C. u. F. Schlothauer, Ruhla		Al	Al			Al	
A. Schuch, Worms		Al					
J. Schmitt, Bamberg			Al				
Rob. Schneider, Frankfurt am Main					Al		
Schoeller & Co, Frankfurt am Main					Al		
Stotz-Kontakt, Mannheim	Al			Al	Al	Al	
SSW. Kleinbauwerk, Bln.-Siemensstadt	Al	Al	Al	Al	Al	Al	
Thiel & Schuchardt, Ruhla		Al					
Gebr. Vedder, Schalksmühle					Al	Al	Al
Vereinigte Isolatorenwerke, Berlin-Pankow	Al						
Voigt & Haeffner, Frankfurt a. Main	Al				Al	Al	
Vossloh-Werke, Werdohl		Al				Al	
Wester, Ebbinghaus & Co, Hanau			Al				
Wieland, Bamberg			Al				
C. & A. Winkhaus, Carthausen					Al	Al	
R. Zimmermann, Bamberg			Al		Al		

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Dall

[1]) ETZ 59 (1938) S. 787.
[2]) ETZ 61 (1940) S. 727.

Sitzungskalender

VDE Bezirk Magdeburg—Anhalt (gemeinsam mit DLTG). 9. 10. (Do), 19⁰⁰, Staatl. Ingenieurschule: „Kriegserfahrungen mit Verdunkelung und Beleuchtung von Innenräumen". Ing. F. Kieke.

VDE Bezirk Mittelbaden, Karlsruhe. 16. 10. (Do), 18⁰⁰, Industrie- und Handelskammer: „Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen". Obering. O. Kautzmann VDE.

VDE Bezirk Nordsachsen, Leipzig. 22. 10. (Mi), Grassimuseum: „Ergebnisse neuer physikalischer Forschung". Dr. R. Sängewald.

VDE Bezirk Oberschlesien, Gleiwitz. 21. 10. (Di), 17⁴⁵, Büchereisaal der Donnersmarckhütte, Hindenburg: „Die Erzeugung einer Sternpunkt-Erdspannung in Netzen, ein vielseitiges Betriebsmittel der Hochspannungstechnik". Obering. v. Schaubert.

VDE Bezirk Ostsachsen, Dresden. 23. 10. (Do), 18³⁰, El. Inst. T. H.: „Biophysik des tödlichen elektrischen Unfalls". Dr. H. Schaefer.

VDE Bezirk Pommern, Stettin. 17. 10. (Fr.), 19³⁰, Konzerthaus: „Die Planung von Beleuchtungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung optischer Mittel" (mit Lichtb.). Obering. Pahl.

VDE Bezirk Ruhr-Lippe, Dortmund. 15. 10. (Mi), 18⁰⁰, Gaststätte Berghoff, Rheinische Str. 2: „Wanderung des Lichtbogenbogens in Schaltanlagen" (m. Lichtb.). Dir. Dr.-Ing. H. Freiberger VDE.

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

R. Schlothauer †. — Am 18. September starb der Geschäftsführer der C. & F. Schlothauer GmbH., Ruhla, Herr Kommerzienrat Reinhold Schlothauer. In mehr als 50jährigem unternehmerischen Schaffen hat er mit seiner großen handwerklichen und technischen Begabung sein Werk auf dem Gebiete der Installationstechnik zu einer beachtlichen Höhe geführt.

H. Sequenz. — Herr Professor Dr. techn. habil., Dr.-Ing., Dr. phil. Heinrich Sequenz VDE wurde in der Gesamtsitzung der Akademie der Wissenschaften in Wien am 27. 5. 1941 zum korrespondierenden Mitglied der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse gewählt.

BUCHBESPRECHUNGE

DK 621.315.052.7

Hochfrequenz-Nachrichtentechnik für Elektrizitätswerke. Von G. Dreßler. Mit 159 B., IX u. 206 S. im Format 165×240 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1941. Preis kart. 18 RM, geb. 19,80 RM.

Mit dem vorliegenden Buch erfüllt der Verfasser einen in interessierten Fachkreisen oft geäußerten Wunsch nach Veröffentlichung einer Arbeit, die in zusammenhängender Darstellung das gesamte Gebiet der Hochfrequenz-Nachrichtentechnik für Elektrizitätswerke ausführlich behandelt. Es enthält über die praktische und theoretische Unterrichtsmöglichkeit noch besonderen Wert für die auf diesem Gebiet tätigen Sachbearbeiter der EVU dadurch, daß es alle Besprechungen an Hand von Erfahrungen vornimmt, die im Entwicklungslaboratorium sowie beim Betrieb solcher Anlagen in 1½ Jahrzehnten gesammelt wurden. Der Inhalt ist in 12 Abschnitte gegliedert. Nach einem geschichtlichen Überblick über die Hochfrequenz-Nachrichtentechnik im Dienste der Elektrizitätsversorgung wird zunächst untersucht, welche anderen Nachrichtenmittel den Elektrizitätswerken zur Verfügung stehen, um von vornherein klarzustellen, für welche Fälle die H.F.-Nachrichtentechnik über Hochspannungsleitungen am Platze ist. Darnach folgt im systematischen Aufbau nach festgelegten Grundbegriffen und Bezeichnungen eine ausführliche Darstellung der H.F.-Nachrichtentechnik. Die Herrichtung der Hochspannungsleitung für die Nachrichtenübermittlung wird ausführlich behandelt, wobei auf den Übertragungsvorgang der hochfrequenten Wellen näher eingegangen wird. Im Hinblick auf die Wichtigkeit des Problems der Frequenzersparnis werden die Möglichkeiten hierzu untersucht. Weitere Abschnitte behandeln die H.F.-Fernsprechgeräte

mit Ausführungsbeispielen von einer Reihe in- und ausländischer Bauform, Zusammenschaltung von H.F.- mit N.F.-Fernsprechleitungen, H.F.-Fernmeldegeräte mit Ausführungsbeispielen, die besondere Trägerfrequenzen für Fernmessung, -zählung, -steuerung, -regelung sowie für den Selektivschutz benutzen, die H.F.-Netzgestaltung, die Automatik, die Mehrfachankopplung von H.F.-Geräten sowie die Planung von H.F.-Fernmeldenetzen. Zum Schluß werden die neueren Meßgeräte und Meßverfahren, die eigens für diese Nachrichtentechnik entwickelt wurden, erläutert und die Messungen vor Einbau und zur Abnahme von H.F.-Fernsprechanlagen sowie deren Überwachung kurz beschrieben. Die Fülle der einprägsamen Bilder und Einbau zahlreicher praktischer Beispiele sowie der rechnerische Anhang sind eine wertvolle Ergänzung und Erweiterung des Textes und lassen dadurch das Buch zu einem gewissen Berater der EVU bei der Planung, Erstellung und Betrieb von H.F.-Fernmeldenetzen werden. B. Koske VDE

DK 621.3(038)(41)

Handbuch für elektrotechnisches Englisch. Von H. G. Freeman. Mit 100 B. u. 365 S. im Format C 6. Verlag W. Girardet, Essen 1940. Preis geb. 16 RM.

Der Verfasser betont im Vorwort zu seinem Handbuch, daß die Werbung für deutsche Industrieerzeugnisse im Auslande nur dann mit Erfolg betrieben werden kann, wenn die Werbeblätter und der Schriftwechsel mit dem Kunden sprachlich einwandfrei abgefaßt sind. Erfahrungsgemäß ist der Übersetzer meist kein eigentlicher Fachmann und die Auswahl des richtigen Ausdruckes aus einem der verfügbaren Wörterbücher bereitet ihm Schwierigkeiten. Der Verfasser hat bereits in seinen Büchern „Technisches Englisch" auf dem Gebiete der mechanischen Technologie und der Maschinenkunde in dieser Hinsicht erfolgreich Abhilfe geschaffen. Statt einer trockenen Gegenüberstellung von Vokabeln behandelt er auch in dem vorliegenden Handbuche die einzelnen Fachausdrücke in kurzen Aufsätzen in ihrem inneren Zusammenhange und fügt die jeweils entsprechenden englischen Ausdrücke in Klammern bei. Auf diese Weise werden rd. 8000 Fachausdrücke unter 480 Stichworten erläutert. Je ein deutsches und englisches alphabetisch geordnetes Wörterverzeichnis weisen auf die Nummer der Stichwörter hin, unter denen der gesuchte Fachausdruck zu finden ist. Für den Nichtfachkundigen hat der Verfasser dem Büchlein auf 50 Seiten eine kurze, anspruchslose Darstellung einiger elektrotechnischer Grundbegriffe und Bauelemente an Hand von 100 Bildern vorausgeschickt.

Das Büchlein ist auf einer gesunden Grundlage aufgebaut und wäre geeignet, einem seit langem fühlbaren Bedürfnis abzuhelfen. Leider enthält es eine Reihe von Fehlern und Unvollkommenheiten, welche nicht übergangen werden können. Einige Ausdrücke erwecken den Eindruck einer wörtlichen Übersetzung aus dem Deutschen ins Englische, was der Verfasser streng vermeiden wollte. So ist „current-strength" für „Stromstärke" völlig ungebräuchlich; man sagt vielmehr „intensity" oder „current-intensity". Ebenso gebraucht man statt „width of span" für Spannweite schlechthin „span". Andere Begriffe kommen an einer Stelle falsch, an anderer richtig zugeordnet vor, so daß man annehmen kann, es handele sich um übersehene Fehler. Die englischen Worte für „Durchschlagsspannung" und „Überschlagsspannung" sind z. B. miteinander vertauscht angegeben. Ein „Tumbler-switch" kann nie als „Circuit-breaker" bezeichnet werden (Bild 37). Ein Arbeitsauslöser (besser: Arbeitsstromauslöser) ist kein „Overload-circuitbreaker", sondern eine „trip-coil for working voltage". Statt „switchyard" für „Freiluftanlage" ist uns „outdoor-station" geläufig. Vergeblich sucht man unter Isolatoren den gebräuchlichen Ausdruck „bushing" für Durchführungsisolator. — Vor einer Neuauflage müßte eine sorgfältige Überarbeitung erfolgen, um die Beanstandungen auszumerzen, von denen oben nur einige wenige Beispiele genannt werden konnten. Wir empfehlen eine Durchsicht des Textes durch sprachkundige Fachgenossen nach den Sondergebieten, auf denen sie gut bewandert sind. W. Estorff VDE

DK 62 : 608

Technik und Daseins-Gestaltung. Von H. E. Bremer. Mit 52 S. im Format A 5. Verlag der Deutschen Arbeitsfront, Berlin 1941. Preis kart. 1 RM.

Ausgehend von der Bedeutung der Technik für die Höherführung der Menschheit kommt der Verfasser auf den Anteil des Erfindertums an den Erfolgen der Technik und fordert „die Pflege erfinderischer Fähigkeiten in einem ihrer Gemeinnützigkeit entsprechendem Grade und Umfange" und wünscht, daß möglichst bald „Technik" auch als Pflichtfach im Lehrplan selbst jeder Elementarschule aufgenommen werde. Er schildert dann den Entwicklungsgang einer Erfindung in sechs Stufen vom ersten Gedanken bis zur Reihenherstellung bzw. Einführung des Gegenstandes in den praktischen Gebrauch. Beachtlich ist dabei u. a. seine Warnung vor den vermeintlichen „Erfindern", denen oft jedes technische Verständnis fehlt, und von denen er sagt, man sollte sie zunächst einmal fragen, welche Erfolge durch ernste Arbeit sie auf irgendeinem anderen Gebiete aufzuweisen haben. Wenn dies immer beherzigt würde bzw. worden wäre, so hätten Unsummen erspart und für wirklich nutzbringende Dinge verwendet werden können, die vagen Vorstellungen, verbrämt mit kühnen Behauptungen spekulativer Naturen nutzlos geopfert worden sind. Andererseits schneidet der Verfasser im Sinne des „Erfinderschutzes" u. a. zwei wichtige Fragen an (zu denen übrigens noch manches mehr zu sagen wäre): die Gefahr der Ausnutzung alleinstehender Erfinder durch das Kapital und die Art der Bekämpfung guter Erfindungen durch neidische Konkurrenz. Einige philosophische und psychologische Betrachtungen über „Grundlagen aller hohen Leistungen", wobei auch der Wechselwirkung zwischen Technik und sozialem Aufbau gedacht wird, und „Über das Genie" zeigen, daß der Verfasser die von ihm angeschnittenen Probleme in den Rahmen einer höheren Zusammenschau hineinzustellen versteht. Dasselbe gilt auch in ganz besonderem Maße für die beiden letzten Abschnitte über „Das nationale Interesse" und über „Zukünftige Möglichkeiten".

Alles in allem eine sehr lesenswerte Schrift.

M. Kloss VDE

DK 62(091)

VDI-Jahrbuch 1940. Die Chronik der Technik. Herausg. im Auftrage des Vereines deutscher Ingenieure im NSBDT. von A. Leitner. Mit 319 S. im Format A 5. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1941. Preis kart. 3,50 RM.

Die VDI-Jahrbücher haben sich die Aufgabe gestellt, alle neuen technischen Erkenntnisse des betr. Berichtsjahres zu erfassen und diese in übersichtlicher Ordnung der allgemeinen Anwendung zuzuführen. Auch das nunmehr vorliegende siebente VDI-Jahrbuch löst diese Aufgabe mit Erfolg und legt Beweis dafür ab, daß auch im Kriege Forschung und Praxis bemerkenswerte Fortschritte aufweisen. Wenn auch während des Krieges eine verständliche Zurückhaltung erforderlich ist, so wird doch ein umfassender Einblick in die Entwicklung auf etwa 100 Einzelgebieten der Technik in kurzer sachlicher Form vermittelt und in fast 5000 Randnoten mit etwa 13 000 in- und ausländischen Schrifttumsstellen belegt. Gegenüber den bisherigen VDI-Jahrbüchern sind in der neuen Folge die Schrifttumsangaben durch die Verfassernamen ergänzt. Ein ausgiebiges Sachwortverzeichnis erschließt vom einzelnen Sachbegriff aus den Inhalt des Jahrbuches. Selbstverständlich sind die im Berichtsjahr erschienenen Fachbücher und Fachzeitschriften vermerkt. Auch das Gebiet der Elektrotechnik ist von berufenen Fachleuten erschöpfend behandelt. Die Darlegungen vermitteln schnell einen ausreichenden Überblick über alle bemerkenswerten Fortschritte im Berichtsjahr. Das VDI-Jahrbuch 1940 darf als wertvolles Rüstzeug für die tägliche Arbeit aller Ingenieure bezeichnet werden und wird mit dazu beitragen, der zur Lösung der vielseitigen technischen Aufgaben notwendigen Weitung des Blickfeldes zu dienen und damit Zweck und Ziel des Jahrbuches erfüllen. E. Opitz

EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten]

Bücher

Neue Physik auf Grundlage der Klassischen. Von F. Leiri. 2. Aufl. Mit 3 B. u. 107 S. im Format 165 × 250 mm. Vertrieb durch die Akademische Buchhandlung, Helsinki (Finnland). Preis 70 Finn. M.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Obering. Dipl.-Ing. K. Becker VDE, Berlin-Siemensstadt, Rieppelstr. 10
Oberpostrat Dipl.-Ing. H. Görsdorf VDE, Berlin-Grunewald, Douglas-Str. 14
Dipl.-Ing. G. Kroker VDE, Mühlenbeck-Summt b. Berlin, Hubertusstr. 2
Dipl.-Ing. W. Nürnberg VDE, Berlin-Weißensee, Schönstr. 16
Oberbaurat Cl. Paulus VDE, München 23, Römerstr. 6

Abschluß des Heftes: 3. Oktober 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Springer-Verlag, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 23. Oktober 1941 | Heft 42/43

Magnetische Verstärker für die Meß- und Regeltechnik

Von Wilhelm Geyger VDE, Berlin

DK 621.318.423.013.1 : 621.316.7+.317.3

*Übersicht**). Nach einem geschichtlichen Überblick über die Entwicklung der auf magnetischer Grundlage beruhenden, mit gleichstromvormagnetisierten Drosselspulen arbeitenden sogenannten magnetischen Verstärker, die vielfach auch Eisenverstärker genannt werden, wird über besondere Ausführungsarten magnetischer Verstärker berichtet, die in der Meß- und Regeltechnik als Relais, Meßverstärker und Nullstromverstärker benutzt werden können. Die bei der praktischen Anwendung derartiger Verstärker in Betracht kommenden Einflußgrößen (Spannungs-, Frequenz- und Wellenformeinfluß, Temperatur- und Fremdfeldeinflüsse, Einfluß einer im Steuerstrom enthaltenen Wechselstromkomponente) werden zusammengestellt. Die bauliche Ausführung der magnetischen Nullstromverstärker wird kurz beschrieben.

Einleitung

Die sogenannten magnetischen Verstärker, die vielfach auch Eisenverstärker genannt werden, beruhen auf der in der Elektrotechnik für verschiedenartige Zwecke ausgenutzten Erscheinung, daß die Induktivität einer wechselstromdurchflossenen Drosselspule mit Eisenkern, auf die eine Gleichstrommagnetisierung zusätzlich einwirkt (gleichstromvormagnetisierte Drosselspule) [1][1]), von der Stärke des diese Gleichstrommagnetisierung hervorrufenden Stromes gesetzmäßig abhängig ist. Eine derartige Drosselspule stellt einen induktiven Widerstand dar, dessen Größe durch einen rein elektrischen Eingriff, nämlich durch die Gleichstromvormagnetisierung des Eisenkernes, innerhalb bestimmter Grenzen stetig verändert werden kann. Durch Anwenden besonderer Schaltungsanordnungen mit entsprechend bemessenen gleichstromvormagnetisierten Drosselspulen ist es möglich, mit verhältnismäßig schwachen Gleichströmen bedeutend stärkere Wechselströme gesetzmäßig zu verändern und auf diese Weise eine Verstärkerwirkung zu erreichen. Hierbei ist der Verstärkungsfaktor definiert durch das Verhältnis zwischen der dem Stromverbraucher, z. B. Glühlampe, Relais oder Meßgerät, zugeführten Ausgangsleistung und der aus der Stärke des Steuergleichstromes und dem Widerstand der Steuerwicklung sich ergebenden Eingangsleistung.

Diese Art der magnetischen Verstärkung kleiner Ströme und Spannungen bietet die wertvolle Möglichkeit, einerseits die durch Einführen der Elektronenröhre in die Meß- und Regeltechnik gebrachten Vorteile mit Ersatz der intermittierend arbeitenden Verfahren durch stetige beizubehalten, anderseits aber die mit Verstärkerröhren auf manchen Anwendungsgebieten verbundenen Unannehmlichkeiten, wie begrenzte Lebensdauer der Röhren, Nachteile der Röhren bei rauhen Betriebsverhältnissen, Schwierigkeiten beim Verstärken kleiner Gleichspannungen, zu vermeiden. Die magnetischen Verstärker, die rein elektrisch, also ohne irgendwelche mechanisch bewegten Teile, geräuschlos arbeiten, keinerlei Abnutzung unterworfen sind und sich somit durch besondere Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit auszeichnen, dürften daher für die Meß- und Regeltechnik eine große Bedeutung erlangen.

Die bei den magnetischen Verstärkern angewendeten Grundschaltungen entsprechen im wesentlichen den mit mehreren gleichstromvormagnetisierten Drosselspulen arbeitenden Anordnungen, die J. Epstein [2], J. M. A. Joly [3], G. Vallauri [4] und andere [5] als statischen Frequenzwandler, E. Besag [6], K. Rottsieper [7], W. Krämer [8] und H. Ritz [9] zum Messen starker Gleichströme und E. F. W. Alexanderson [10], L. Kühn [11], L. Mandelstam und N. Papalexi [12] zur Modulation von Hochfrequenzströmen benutzt haben. Ph. Thomas [13] hat schon im Jahre 1928 einen insbesondere zur Temperaturregelung mit Thermoelementen oder Widerstandsthermometern geeigneten, vom Wechselstromnetz gespeisten magnetischen Verstärker beschrieben, dessen Verstärkungsfaktor 1200 ist. Im Jahre 1935 berichten M. Steenbeck und O. Schmutz [14] über eine Stromrichtersteuerung mit Thermoelementen und magnetischem Verstärker, der die Leistungsverstärkung 4000 ergab. In Amerika hat sich besonders A. S. Fitzgerald [15] mit dem Bau von magnetischen Verstärkern für Steuervorrichtungen beschäftigt und im Jahre 1937 über hochempfindliche mehrstufige magnetische Verstärker berichtet, die bereits bei einer Eingangsleistung von etwa 1 Mikrowatt ansprechen und die Verstärkungsfaktoren 50 000 (vierstufig) bzw. 10^7 (fünfstufig) besitzen. Weiterhin hat G. Hauffe [1] in seinem im Jahre 1937 veröffentlichten zusammenfassenden Bericht darauf hingewiesen, daß bei der gleichstromvormagnetisierten Drosselspule Rückkopplungs- und Kaskadenschaltungen möglich sind, die hohe Verstärkungsfaktoren ergeben. Ferner hat G. Keinath [16] schon im Jahre 1933 auf die Bedeutung der neuzeitlichen Nickeleisenlegierungen, z. B. Mumetall, Permalloy, Werkstoff 1040, für die Messung von Gleichströmen mit vormagnetisierten Drosselspulen hingewiesen und zahlreiche Kennlinien wiedergegeben, die auch für den Bau magnetischer Verstärker, bei denen es sich um geringe Gleichstromstärken handelt, eine wertvolle Grundlage darstellen.

Im folgenden wird über besondere Ausführungsarten von magnetischen Verstärkern berichtet, die in der Meß- und Regeltechnik als Relais, Meßverstärker und

*) Vgl. W. Geyger, Grundlagen der magnetischen Verstärker für die Meß- und Regeltechnik, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 19 (1940) H. 3, S. 4.

[1]) Die Zahlen in eckigen Klammern [ ] beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Aufsatzes.

Nullstromverstärker benutzt werden können. Die bei der praktischen Anwendung derartiger Verstärker in Betracht kommenden Einflußgrößen, wie Spannung, Frequenz und Wellenform, Temperatur und Fremdfeldeinflüsse, werden zusammengestellt. Die bauliche Ausführung der magnetischen Nullstromverstärker wird kurz beschrieben.

Relais und Meßverstärker

1. Als kontaktfreies Relais wirkende magnetische Verstärker

Der magnetische Verstärker ermöglicht, durch Ein- und Ausschalten oder durch Verändern eines der Steuerwicklung zugeführten Eingangsstromes einen bedeutend stärkeren Ausgangsstrom gesetzmäßig zu beeinflussen; er kann also als Relais benutzt werden, das rein elektrisch, d. h. ohne irgendwelche mechanisch bewegten Teile arbeitet [17].

Bei der in Bild 1 dargestellten, auf dem Prinzip der rückgekoppelten Drosselspule [18] beruhenden Schaltungsanordnung sind die beiden übereinstimmend bemessenen, wechselstromseitig in gleichem Sinne und gleichstromseitig in entgegengesetztem Sinne hintereinandergeschalteten eisengeschlossenen Drosselspulen L_1, L_2, die auch zu einer Dreischenkeldrossel zusammengezogen werden können, als stetig regelbarer Vorwiderstand mit der Bürde R_B (Stromverbraucher) und mit einem Gleichrichter G (Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichter in Brückenschaltung) hintereinandergeschaltet und an die Wechselspannung U angeschlossen, die über einen Isoliertransformator T dem Wechselstromnetz entnommen wird. Der vom Gleichrichter G abgegebene Gleichstrom, der dem in den Wechselstromwicklungen der Drosselspulen L_1, L_2 fließenden Wechselstrom I_B proportional ist, durchfließt die in entgegengesetztem Sinne hintereinandergeschalteten und mit einem Nebenwiderstand R_N versehenen Rückkopplungswicklungen der Drosselspulen L_1, L_2. Der Wechselstrom I_B, der vom Gleichrichter G gleichgerichtet wird und als Gleichstrom I_G selbst vormagnetisierend wirkt, ändert sich bezüglich seiner Größe und Phasenlage mit der Stärke des den Gleichstrom-(Steuer-)Wicklungen der Drosselspulen L_1, L_2 zugeführten Gleich-(Steuer-)Stromes I_S, weil die Permeabilität bzw. der magnetische Widerstand der Eisenkerne von L_1 und L_2 von der durch die Gleichströme I_S und I_G hervorgerufenen Gleichstrommagnetisierung gesetzmäßig abhängig ist. Da die beiden übereinstimmend bemessenen Wechselstromwicklungen gleichsinnig in Reihe geschaltet und die beiden ebenfalls übereinstimmend bemessenen Gleichstromwicklungen (Steuer- bzw. Rückkopplungswicklungen) gegensinnig in Reihe geschaltet sind, so heben sich die Grundwellen und die ungeradzahligen Oberwellen der an den beiden Wechselstromwicklungen wirksamen Teilspannungen in der gegensinnigen Reihenschaltung der Steuer- bzw. Rückkopplungswicklungen auf.

Bezeichnet $L = L_1 + L_2$ die gesamte Induktivität der in dieser Weise geschalteten gleichstromvormagnetisierten Drosselspulen und R den gesamten Wirkwiderstand des diese Drosselspulen, die Bürde R_B und den Gleichrichter G enthaltenden Wechselstromkreises, so gilt bei sinusförmigem Verlauf der Spannung U und des Stromes I_B bei der Kreisfrequenz ω:

$$I_B = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}, \quad \operatorname{tg} \sphericalangle (U, I_B) = \frac{\omega L}{R}.$$

Für den Fall, daß R sehr klein ist im Vergleich zu ωL, wird $I_B = U/\omega L$, wobei ωL eine Funktion von I_S ist. Wenn nun die an die Bürde R_B abgegebene Leistung $I_B^2 R_B$ einen größeren Wert annimmt als die in den Gleichstromsteuerwicklungen (Gesamtwiderstand R_S) verbrauchte Leistung $I_S^2 R_S$, dann ist, abgesehen von dem Unterschied in der Stromart, eine Verstärkerwirkung vorhanden, und der Verstärkungsfaktor läßt sich durch den Ausdruck $(I_B^2 R_B) : (I_S^2 R_S)$ definieren.

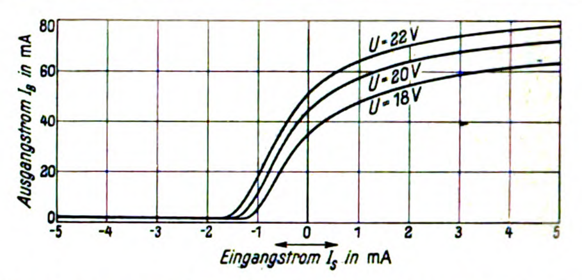
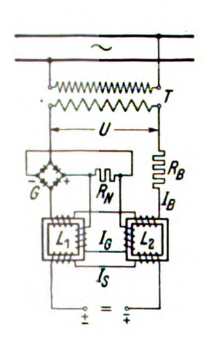


Bild 2. Ausgangsstrom I_B in Abhängigkeit vom Eingangsstrom I_S für verschiedene Werte der Betriebsspannung U, wobei das Verhältnis zwischen dem Rückkopplungs-Gleichstrom I_G und dem Ausgangs-Wechselstrom I_B konstant ist.

Bild 2 zeigt den Ausgangsstrom I_B in Abhängigkeit vom Eingangsstrom I_S für verschiedene Werte der Betriebsspannung U, wobei das für die Stärke der Rückkopplungswirkung maßgebende Verhältnis zwischen dem die Rückkopplungswicklungen durchfließenden Gleichstrom I_G und dem in den Wechselstromwicklungen fließenden Ausgangsstrom I_B konstant ist. In Bild 3 ist I_B als Funktion von I_S für verschiedene mit dem Nebenwiderstand R_N eingestellte Werte des Verhältnisses I_G/I_B bei konstanter Betriebsspannung U dargestellt. Der Verlauf der Kennlinie $I_B = f(I_S)$ ist von der Richtung des Eingangsstromes I_S abhängig. Wenn $I_S = 0$ ist, hat I_B eine bestimmte, von den Abmessungen und magnetischen Eigenschaften der Drosselspulen L_1, L_2, von der Höhe der Betriebsspannung U und von dem Stromverhältnis I_G/I_B abhängige Größe, die Ruhestrom genannt werden soll. Bei positiven Werten von I_S (die Ströme I_S und I_G wirken in gleichem Sinne auf die Gleichstromvormagnetisierung) nimmt I_B mit I_S in starkem Maße zu (steil verlaufende Kennlinie), während bei negativen Werten von I_S (die Ströme I_S und I_G wirken in entgegengesetztem Sinne auf die Gleichstromvormagnetisierung) der Strom I_B zunächst bis zu einem Mindestwert abnimmt und dann in schwachem Maße wieder zunimmt (flache, fast waagerecht verlaufende Kennlinie). Der unsymmetrische Verlauf der Kennlinie $I_B = f(I_S)$ ergibt eine richtungsabhängige Arbeitsweise dieses magnetischen Verstärkers.



L_1, L_2 gleichstromvormagnetisierte Drosselspulen
R_B Bürde
G Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichter
R_N Nebenwiderstand
T Isoliertransformator
U Wechselspannung
I_S Eingangsstrom
I_B Ausgangsstrom
I_G Rückkopplungs-Gleichstrom

Bild 1. Grundschaltung eines als kontaktfreies Relais wirkenden magnetischen Verstärkers.

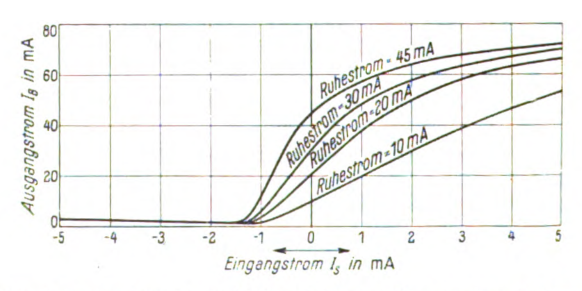
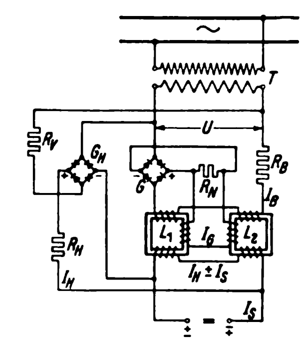


Bild 3. Ausgangsstrom I_B in Abhängigkeit vom Eingangsstrom I_S für verschiedene Werte des Stromverhältnisses I_G/I_B bei konstanter Betriebsspannung U.

Bei der Schaltungsanordnung nach Bild 1 ist, wie aus Bild 3 hervorgeht, mit einer Steigerung der Rückkopplungswirkung (Kennliniensteilheit) bzw. des Verstärkungsfaktors ein Vergrößern des bei $I_S = 0$ vorhandenen Ruhestromes verbunden, der aus praktischen Gründen eine bestimmte Größe, z. B. 10 mA, nicht überschreiten soll. Während bei der Anordnung nach Bild 1 ein Verkleinern des Ruhestromes nur durch ein entsprechendes Vermindern des Verstärkungsfaktors erreichbar ist, kann bei den in Bild 4 und 5 dargestellten Schaltungen der Ruhestrom unter Beibehalten eines bestimmten Verstärkungsfaktors bzw. einer bestimmten Kennliniensteilheit nach Bedarf verkleinert und auf verhältnismäßig kleine Werte gebracht werden. Dies wird dadurch erreicht, daß in den Drosselspulen L_1, L_2 durch einen Hilfsgleichstrom I_H eine zusätzliche Gleichstrommagnetisierung hervorgerufen wird, die der von dem Rückkopplungsgleichstrom I_G erzeugten Gleichstrommagnetisierung entgegenwirkt. Der Hilfsstrom I_H wird einem zweiten, über einen Vorwiderstand R_V an die Sekundärwicklung des Isoliertransformators T angeschlossenen Gleichrichter G_H entnommen und über einen Vorwiderstand R_H den Steuerwicklungen (Bild 4) oder besonderen, im Sinne der Steuerwicklungen hintereinandergeschalteten Hilfswicklungen (Bild 5) zugeführt, die Kompensationswicklungen genannt werden. Während bei der Schaltung in Bild 4 der Hilfsstrom I_H und der Steuerstrom I_S in einer gemeinsamen Wicklungsgruppe, in den Steuerwicklungen, unmittelbar überlagert werden (Stromüberlagerung), werden bei der Schaltung in Bild 5 die Ströme I_S und I_H zwei voneinander unabhängigen, aber miteinander magnetisch verketteten Wicklungsgruppen, den Steuer- und Kompensationswicklungen, zugeführt (Amperewindungsüberlagerung). Getrennte Wicklungen für den Hilfsstrom I_H bringen einen bestimmten Verlust an Wickelraum für die übrigen Wicklungen

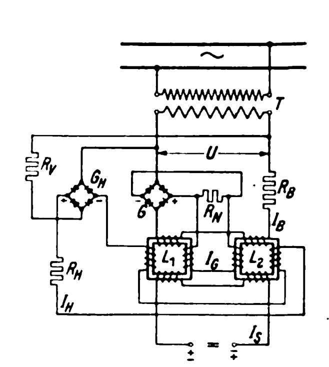
L_1, L_2 gleichstromvormagnetisierte Drosselspulen
R_B Bürde
G Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichter
R_N Nebenwiderstand
T Isoliertransformator
U Wechselspannung
I_S Eingangsstrom
I_B Ausgangsstrom
I_G Rückkopplungs-Gleichstrom
I_H Hilfsgleichstrom zum Verkleinern des bei $I_S = 0$ vorhandenen Ruhestromes I_B
G_H Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichter, dem der Hilfsstrom I_H entnommen wird



R_V und R_H Vorwiderstände des Gleichrichters G_H

Bild 4. Grundschaltung nach Bild 1, bei der zwecks Verkleinerung des bei $I_S = 0$ vorhandenen Ruhestromes I_B ein konstanter Hilfsgleichstrom I_H den Steuerwicklungen der Drosselspulen zugeführt wird.

L_1, L_2 gleichstromvormagnetisierte Drosselspulen
R_B Bürde
G Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichter
R_N Nebenwiderstand
T Isoliertransformator
U Wechselspannung
I_S Eingangsstrom
I_B Ausgangsstrom
I_G Rückkopplungs-Gleichstrom
I_H Hilfsgleichstrom zum Verkleinern des bei $I_S = 0$ vorhandenen Ruhestromes I_B
G_H Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichter, dem der Hilfsstrom I_H entnommen wird



R_V und R_H Vorwiderstände des Gleichrichters G_H

Bild 5. Grundschaltung nach Bild 1, bei der zwecks Verkleinerung des bei $I_S = 0$ vorhandenen Ruhestromes I_B ein konstanter Hilfsgleichstrom I_H den zusätzlichen Kompensationswicklungen zugeführt wird.

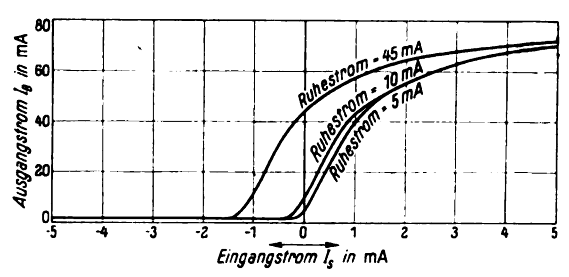


Bild 6. Kennlinien $I_B = f(I_S)$ für den ersten Fall, daß ohne Hilfsstrom I_H gearbeitet wird (Ruhestrom = 45 mA), und für den zweiten Fall, daß der Ruhestrom durch Anwenden eines entsprechend bemessenen Hilfsstromes I_H auf 10 mA oder 5 mA herabgesetzt wurde.

mit sich, haben aber den Vorzug, daß das Bemessen der zum Herabsetzen des Ruhestromes dienenden Teile, wie Gleichrichter G_H, Vorwiderstände R_V, R_H und Kompensationswicklungen für I_H, von den Abmessungen bzw. von der Anpassung der Steuerwicklungen an den Widerstand des den Steuerstrom I_S führenden Eingangsstromkreises vollständig unabhängig wird.

In Bild 6 sind die Kennlinien $I_B = f(I_S)$ für die Fälle dargestellt, daß ohne Hilfsstrom I_H gearbeitet wird (Ruhestrom 45 mA) bzw. daß der Ruhestrom durch Anwenden eines entsprechend bemessenen Hilfsstromes I_H auf 10 mA oder auf 5 mA herabgesetzt worden ist.

Die gleichstromvormagnetisierte Drosselspule ist besonders im amerikanischen Schrifttum mit der gittergesteuerten Elektronenröhre verglichen worden [19], wobei 1. die an der Drosselspule wirksame Wechselspannung (U) und die Anodenspannung an der Röhre, 2. der in der Drosselspule fließende Wechselstrom (I_B) und der Anodenstrom der Röhre und 3. der Steuergleichstrom (I_S) und die Gitterspannung der Röhre vergleichsweise einander entsprechen. Somit entspricht der zum Herabsetzen des Ruhestromes bzw. zum Verlagern der Kennlinie dienende Hilfsstrom (I_H) der Gittervorspannung der Röhre, mit der bekanntlich ein Verlagern der Kennlinie herbeigeführt werden kann.

Bei den Anordnungen nach Bild 1, 4 und 5 ist der Ausgangsstrom I_B nicht nur vom Eingangsstrom I_S, sondern auch von der Spannung, Frequenz und Wellenform der Wechselstromquelle sowie von Temperaturschwankungen und magnetischen Fremdfeldeinflüssen in bestimmtem Maße abhängig. Die Bilder 2, 7, 8 und 9 zeigen den Spannungseinfluß (Spannungsände-

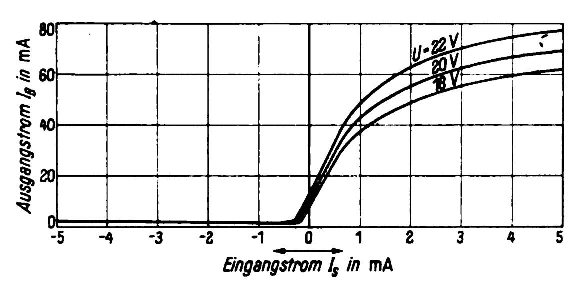


Bild 7. Spannungseinfluß bei einem als kontaktfreies Relais wirkenden magnetischen Verstärker nach Bild 5.

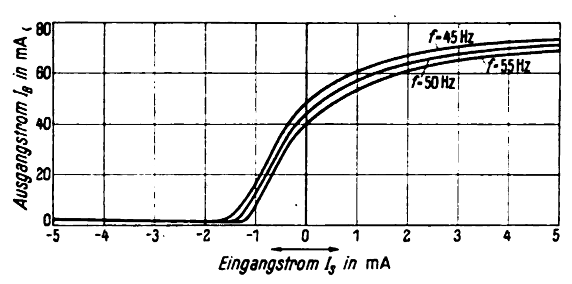


Bild 8. Frequenzeinfluß bei einem als kontaktfreies Relais wirkenden magnetischen Verstärker nach Bild 1.

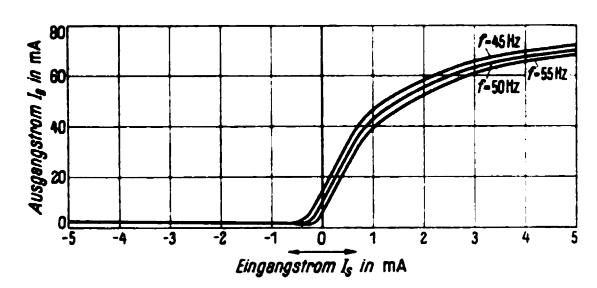


Bild 9. Frequenzeinfluß bei einem als kontaktfreies Relais wirkenden magnetischen Verstärker nach Bild 5.

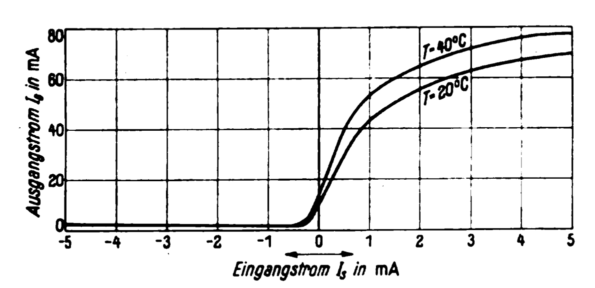


Bild 10. Temperatureinfluß bei einem als kontaktfreies Relais wirkenden magnetischen Verstärker nach Bild 5.

rung ± 10 % der Nennspannung) und den Frequenzeinfluß (Frequenzänderung ± 10 % der Nennfrequenz) bei den als kontaktfreies Relais wirkenden magnetischen Verstärkern nach Bild 1, 4 und 5. Ein Wellenformeinfluß macht sich bei derartigen Schaltungen zunächst insofern bemerkbar, als die in der Wechselspannung U enthaltenen Oberwellen infolge der die Stärke der Oberwellen schwächenden induktiven Wirkung der Drosselspulen in dem Ausgangsstrom I_B in entsprechend vermindertem Maße auftreten. Es zeigt sich beispielsweise, daß eine in der Wechselspannung enthaltene dritte Oberwelle im Betrage von 10 % der Grundwelle ein Ändern des Ausgangsstromes von etwa 2 % hervorruft. Bei den praktisch vorkommenden Wellenformverzerrungen ist der Einfluß kleiner und beträgt nur etwa 0,5 bis 1 %.

Bild 10 zeigt die bei einer Anordnung nach Bild 5 gemessenen Kennlinien $I_B = f(I_S)$ für die Temperaturen 20 °C und 40 °C. Der Temperatureinfluß, der hauptsächlich durch die Temperaturabhängigkeit des in dem Rückkopplungsstromkreis liegenden Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichters G hervorgerufen wird, ist verhältnismäßig groß, aber beim Verwenden dieses Verstärkers als Relais durchaus zulässig.

Bezüglich des Fremdfeldeinflusses wurde festgestellt, daß bei einer Anordnung nach Bild 5 die durch ein magnetisches Gleichfeld von 5 Gauß bei ungünstigster räumlicher Lage für $I_S = 0$ hervorgerufene Änderung des Ausgangsstromes I_B etwa ± 0,1 mA, d. h. etwa ± 0,2 % des bei voller Aussteuerung fließenden Ausgangsstromes (50 mA) beträgt, und daß weiterhin der durch ein magnetisches Wechselfeld von 5 Gauß bei ungünstigster räumlicher Lage und ungünstigster Phasenlage für $I_S = 0$ hervorgerufene Ausgangsstrom I_B etwa ± 0,5 mA, d. h. etwa ± 1 % des bei voller Aussteuerung fließenden Ausgangsstromes (50 mA) beträgt. Der Fremdfeldeinfluß hält sich also in erträglichen Grenzen, eine besondere magnetische Abschirmung ist nicht erforderlich. Der Einfluß einer im Steuerstrom enthaltenen Wechselstromkomponente ist gering und kann durch Parallelschalten eines Kondensators zu den Steuerwicklungen auf Null gebracht werden.

Aus diesen Angaben geht hervor, daß die einfache Verstärkeranordnung nach Bild 5 ohne weiteres als Relais benutzt werden kann, die beispielsweise mit einer Eingangsleistung von etwa 1 bis 3 mW eine Ausgangsleistung von etwa 0,3 bis 1 W zu steuern ermöglicht, wobei die zwischen dem Eingangs- und Ausgangsstrom bestehende Gesetzmäßigkeit durch die verschiedenartigen Einflußgrößen keine praktisch unzulässige Störung erfährt.

2. Meßverstärker

Während beim Verwenden des magnetischen Verstärkers als Relais die angegebenen Änderungen des Ausgangsstromes ohne weiteres zulässig sind, weil es lediglich darauf ankommt, dem im Ausgangsstromkreis liegenden Gerät, z. B. Glühlampe oder akustische Signalvorrichtung, bei einem bestimmten Wert des Eingangsstromes einen zum sicheren Ansprechen dieses Gerätes ausreichenden Ausgangsstrom zur Verfügung zu stellen, werden bei einem Meßverstärker bedeutend höhere Anforderungen gestellt. Hier liegt die schwierigere Aufgabe vor, einen Ausgangsstrom zu erzeugen, der praktisch nur vom Eingangsstrom abhängig ist, von den verschiedenartigen Einflußgrößen jedoch nur in sehr geringem Maße, etwa ± 1 bis 3 % vom Sollwert, beeinflußt wird.

Der Einfluß von Spannungsschwankungen kann dadurch unschädlich gemacht werden, daß man zwischen den Verstärker und die Wechselstromquelle einen kleinen elektromagnetischen Spannungsgleichhalter [20] schaltet, wie er heute für Meßzwecke vielfach angewendet wird. Frequenzschwankungen haben, wenn der Verstärker von einem Wechselstromnetz gespeist wird, infolge der Kleinheit der hier vorkommenden Frequenzschwankungen, etwa ± 0,5 bis 1 %, keinen störenden Einfluß, zumal der Frequenzeinfluß des Verstärkers durch den des Spannungsgleichhalters nahezu ausgeglichen wird. Der Fremdfeldeinfluß hält sich, wenn der Verstärker in ein Eisenblechgehäuse, z. B. Zählergehäuse, eingebaut wird, in erträglichen Grenzen. Dagegen hat der hauptsächlich durch den im Rückkopplungsstromkreis liegenden Trockengleichrichter hervorgerufene Temperatureinfluß, der auch durch besondere Kunstschaltungen mit temperaturempfindlichen Hilfswiderständen nicht in ausreichendem Maße ausgeglichen werden kann, eine für einen Meßverstärker unzulässige Größe. Hier kann Abhilfe nur dadurch geschaffen werden, daß man den im Rückkopplungsstromkreis liegenden Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichter durch einen Schwinggleichrichter [21] ersetzt, der bekanntlich keinen störenden Temperatureinfluß verursacht, wenn seine Erregerwicklung von einem Strom durchflossen wird, dessen Phasenlage temperaturunabhängig ist.

Bild 11 zeigt die Schaltungsanordnung eines magnetischen Meßverstärkers, die sich von der Anordnung

L_1, L_2 gleichstromvormagnetisierte Drosselspulen
M Gleichstrom-Meßgerät als Bürde
G Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichter für das Meßgerät M
SG Schwinggleichrichter
L_V induktiver Vorwiderstand für die Erregerwicklung des Schwinggleichrichters SG
I_{SG} Erregerstrom des Schwinggleichrichters SG
R_N Nebenwiderstand
$T_K C$ Spannungsgleichhalter
U Wechselspannung
I_S Eingangsstrom
I_G Rückkopplungs-Gleichstrom
I_H Hilfsgleichstrom zum Verkleinern des bei $I_S = 0$ vorhandenen Ruhestromes I_B
G_H Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichter, dem der Hilfsstrom I_H entnommen wird
R_V und R_H Vorwiderstände des Gleichrichters G_H

Bild 11. Schaltungsanordnung eines magnetischen Meßverstärkers, die sich von der Anordnung nach Bild 5 dadurch unterscheidet, daß der im Rückkopplungsstromkreis liegende Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichter G durch einen fremderregten Schwinggleichrichter SG ersetzt wurde.

nach Bild 5 dadurch unterscheidet, daß der im Rückkopplungsstromkreis liegende Trockengleichrichter G durch einen von der Wechselspannung U fremderregten Schwinggleichrichter SG ersetzt worden ist, dessen Erregerwicklung über einen zur Phaseneinstellung des Erregerstromes I_{SG} dienenden induktiven Vorwiderstand L_V mit der Sekundärwicklung des Spannungsgleichhalters $T_K C$ (Dreischenkeltransformator) mit Kondensator C [20] verbunden ist. Die Phasenlage des Erregerstromes I_{SG} wird so gewählt, daß der in den Rückkopplungswicklungen fließende Gleichstrom I_G in den Eisenkernen der Drosselspulen L_1, L_2 eine zusätzliche Gleichstromvormagnetisierung hervorruft, die die Wirkung der vom Steuerstrom I_S verursachten Gleichstromvormagnetisierung unterstützt (Rückkopplung). Die Bürde besteht hier beispielsweise aus einem Gleichstrommeßgerät M, z. B. einem Drehspul-Tintenschreiber, der an einen den Ausgangswechselstrom gleichrichtenden Kupferoxydul-Trockengleichrichter G angeschlossen ist und von dem Gleichstrom I_B durchflossen wird, der eine eindeutige Funktion des Steuerstromes I_S ist.

In Bild 12 sind die Kennlinien $I_B = f(I_S)$ eines derartigen magnetischen Meßverstärkers für verschiedene Bürdenwiderstände von 50, 100 und 400 Ω dargestellt. Für einen bestimmten Bereich, $I_S = 0$ bis 0,3 mA, haben diese Kennlinien einen angenähert linearen Verlauf, d. h. das in dem Ausgangsstromkreis liegende Meßgerät, das den Steuerstrom I_S abbildet, hat einen angenähert linearen Skalenverlauf. Auf dieser Grundlage kann eine einfache Verstärkereinrichtung geschaffen werden, bei der der dem Meßgerät M zugeführte Gleichstrom I_B praktisch nur von der Größe des Steuerstromes I_S abhängig ist und von den verschiedenartigen Einflußgrößen in praktisch zulässigem Maße, etwa ± 1 bis 3 % vom Sollwert, beeinflußt wird.

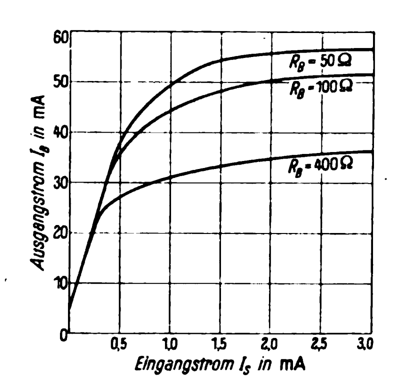


Bild 12. Kennlinien $I_B = f(I_S)$ eines magnetischen Meßverstärkers nach Bild 11 für Bürdenwiderstände von 50, 100 und 400 Ω.

(*Schluß folgt*)

Die Entwicklung neuzeitlicher elektromedizinischer Geräte

Von B. Eckert, Berlin

DK 621.386.1 + .389 : 61

Übersicht. Wenn die Menschheit heute im Durchschnitt ein höheres Lebensalter erreicht als frühere Generationen, so dankt sie dies in erster Linie den Fortschritten medizinischer Wissenschaft und Erkenntnis auf allen Gebieten. Der Aufsatz berichtet über die Anwendung der Elektrizität zu Heilzwecken und über den heutigen Stand der Röntgentechnik und Elektromedizin.

Neuzeitliche Dosierungsgrundsätze der Elektromedizin

Fortschritt und Entwicklung in der diagnostischen und therapeutischen Anwendung der Elektrizität zu Heilzwecken zeigen sich nicht allein in den Geräten und den verschiedenen, dem jeweiligen Aufgabenkreis entsprechenden Sonderausführungen, sondern auch im Ausnutzen der bisherigen Erfahrungen und Erkenntnisse, die zur Preisgabe bisher gültiger Untersuchungs- und Behandlungsgrundsätze führten. Schon verhältnismäßig frühzeitig bestätigte sich auch in der Geschichte der Elektromedizin die Erfahrung, daß Ausdauer und Beharrlichkeit beim Behandeln von Krankheiten die besten Erfolgsaussichten bieten. Meist können sich Krankheitszustände, die sich langsam, vielleicht in Jahren, entwickelt haben, auch nur ganz allmählich wieder zurückbilden. In solchen Fällen ist daher, falls nicht die Operation angezeigt erscheint, auch eine entsprechende Dauerbehandlung bei milder Dosierung am Platze. Diese uns heute selbstverständlich erscheinende Erkenntnis hat auch der Leistungsbemessung elektromedizinischer Bestrahlungs- und Behandlungsgeräte Richtung und Ziel gegeben. Nur die Operation kann schnell und gründlich arbeiten; die Behandlung muß im allgemeinen versuchen, vorsichtig und allmählich das Ziel zu erreichen.

Vorbeugen ist jedoch besser als heilen. Im allgemeinen ist es wesentlich leichter, gesund zu bleiben als zu werden, eine Erkenntnis, die besonders in unseren Tagen eindringlich betont wird. Das beste Mittel ist der Sport, der zur Gesunderhaltung und teilweise auch der Gesundung dienen kann. Auch auf den Sport müssen die erwähnten Dosierungsgrundsätze angewendet werden, wenn er seine segensreiche Wirkung voll entfalten soll. Wer nur am Wochenende Sport treibt und ihn dann übertreibt, wird im allgemeinen wenig Nutzen, vielleicht sogar Schaden davon haben.

Täglich und regelmäßig im Sommer und Winter wenigstens eine halbe bis ganze Stunde Bewegung in frischer Luft, bei Zeitmangel beim Heimwege von der Arbeit, schafft erst die notwendige und durch Muskeltätigkeit bedingte Sauerstoffverarmung des Blutes bzw. die Voraussetzung dafür, daß auch die Lungen von dem reichlichen Angebot an lebensnotwendigem Sauerstoff wirklich Gebrauch machen. Sauerstoff im Blut und in ausreichender Menge im ganzen Körper ist aber eine der ersten Voraussetzungen für Gesundheit und Gesunderhaltung an Leib und Seele.

Der Kulturmensch nimmt seine großen Lungenreserven im allgemeinen nur etwa mit 10 % in Anspruch; eine Verkümmerung ist unausbleiblich, wenn diese Reserven nicht regelmäßig, wenigstens für kurze Zeit, nutzbar gemacht werden. Selbstverständlich muß die körperliche Leistungsfähigkeit, wenn sie durch Nichtgebrauch vermindert sein sollte, systematisch und langsam gesteigert werden. Was in Jahren verdorben wurde, kann nur allmählich wieder gutgemacht werden. Auch die Gesundheit als höchstes irdisches Gut ist durchaus nicht immer schicksalhaft bedingt, sondern in vielen Fällen die logische Folge eines dauernd bewußt und richtig geführten Lebens, eine Erkenntnis, die sich sehr segensreich auswirkt und für deren Nutzanwendung es eigentlich niemals zu spät ist. Meist gilt leider die Tatsache: „Der Kulturmensch ißt zuviel und bewegt sich zu wenig." Zum Erkennen und Beseitigen der dadurch eintretenden Schäden muß die Medizin das ganze Rüstzeug neuzeitlicher Wissenschaft und Technik in ihren Dienst stellen. Im folgenden sollen deshalb Geräte und Einrichtungen der neueren Elektromedizin und Röntgentechnik betrachtet werden.

Neuere medizinische Röntgengeräte

Für das neuzeitliche Röntgengerät ist vollständige Hochspannungs- und Strahlensicherheit heute eine selbstverständliche Voraussetzung. Alle Hochspannung führen-

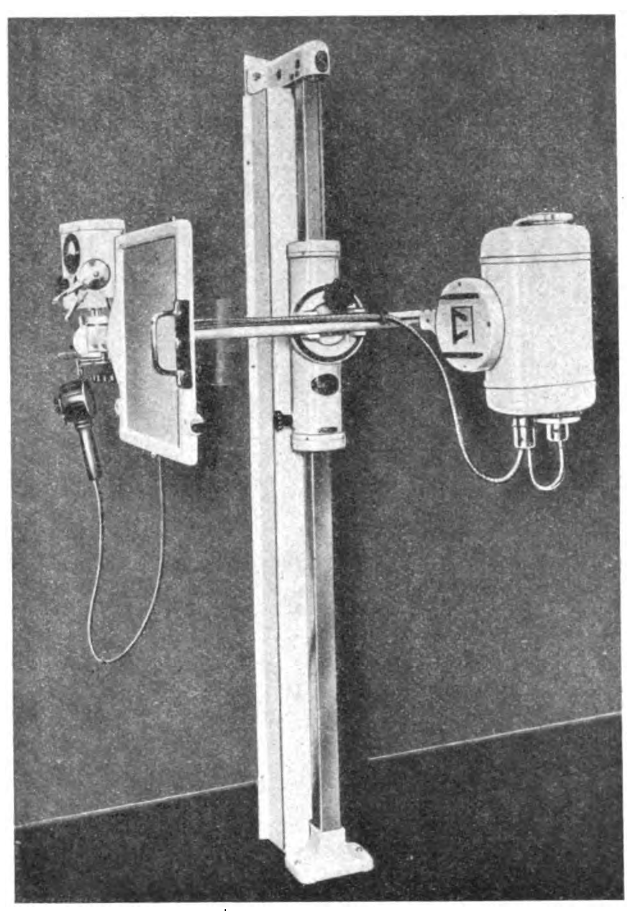


Bild 1. Röntgeneinrichtung für den praktischen Arzt.

den Teile sind daher berührungssicher eingeschlossen, außerhalb des Nutzstrahlenkegels ist jeder Strahlenaustritt durch eine der verwendeten Hochspannung bzw. Strahlenhärte entsprechende Abschirmung unmöglich gemacht.

Bild 1 stellt eine besonders für den praktischen Arzt bestimmte Einrichtung dar, die Röntgenapparat und Untersuchungsgerät bzw. die zur Röntgenuntersuchung notwendigen Haupt- und Hilfsgeräte vereinigt, so daß nach Einstellen der Strahlenrichtung Aufnahmen und Durchleuchtungen am stehenden oder sitzenden Patienten oder Ober- und Untertisch-Untersuchungen ausgeführt werden können. Der Apparat gestattet auch das Ausblenden des Nutzstrahlenkegels, das besonders beim Durchleuchten ein lokalisiertes und besseres Beobachten und Erkennen verdächtiger Stellen, z. B. in der Lunge, ermöglicht.

Die bisher beschriebenen Möglichkeiten sind bei der in Bild 2 dargestellten Röntgenanlage mittlerer Leistung, dem sogenannten Röntgenauge, erheblich erweitert. Die verfügbare Transformatorleistung des ebenfalls als Einheit ausgeführten Hochspannungsteiles von 100 mA bei 80 kV (Scheitelspannung) für Aufnahmen bzw. 5 mA bei 100 kV für Durchleuchtungen gestattet bereits die Röntgenuntersuchung der inneren lebenswichtigen Organe und die Ausführung aller Momentaufnahmen von Herz, Lunge, Magen und Darm mit den zum Ausschalten der Bewegungsschärfe notwendigen kurzen Belichtungszeiten von Bruchteilen einer Sekunde.

Das Bild zeigt die Fernaufnahme des Brustkorbes, die im allgemeinen mit 1,5 oder 2 m Fokus-Filmabstand ausgeführt wird, weil sich bei größerem Abstand der durch die Zentralprojektion bedingte Vergrößerungsfehler aller im Bilde aufgezeichneten Organe auf ein nicht mehr störendes Maß herabsetzen läßt und gleichzeitig eine verbesserte Bildschärfe erreicht werden kann.

Bei Diagnostik-Röntgenanlagen mit der höchsten heute verfügbaren Leistung, die mit Röhrenströmen bis zu 1000 mA, im Interesse der Kontraststeigerung aber mit ziemlich weicher Strahlung bzw. ermäßigter Röhrenspannung arbeiten, wird die dem Wechselstromtransformator entnommene Hochspannung zunächst mit 4 bzw. 6 Glühventilen gleichgerichtet und dann als pulsierende Gleichspannung der Röhre zugeführt.

Das Bedienen und vor allen Dingen auch Ausnutzen solcher Hochleistungsanlagen zum Erzielen hochwertiger Röntgenbilder setzt eine eingehende Schulung und Sachkenntnis voraus, so daß eine Vereinfachung wünschenswert erscheint. Die Entwicklung hat daher in den letzten Jahren in steigendem Maße zu einer Automatisierung des Röntgenbetriebes geführt, die dem Handhabenden bei der Aufnahme die Sorge um die Wahl und Einstellung aller Belastungs- und Belichtungsdaten abnimmt. Gleichzeitig wird dadurch auch die bei größeren Anlagen gebräuchliche wertvolle Drehanodenröntgenröhre selbsttätig vor Überlastung und vorzeitigem Verbrauch geschützt.

In Bild 3 ist der Schalttisch eines selbsttätigen Röntgenapparates dargestellt, der beim Einstellen auf selbsttätigen Betrieb die Bedienung erheblich vereinfacht, aber nach Abschalten der Automatik bzw. Umschalten auf freien Betrieb auch alle Möglichkeiten bietet, eigene Erfahrungen für die Bildgestaltung nutzbar zu machen. Nach Einschalten der Automatik bedarf es nur des Niederdrückens eines dem jeweiligen Aufnahmeobjekt zugeordneten und durch Beschriftung gekennzeichneten Schaltknopfes auf dem in der Mitte der Tischplatte angeordneten Organwähler, um alle für die Aufnahme erforderlichen Spannungs-, Strom- und Belichtungswerte einzustellen. Durch Wahl eines der 7 Druckknöpfe in der vorderen Reihe des Organwählers vermag man außerdem der jeweiligen Stärke des Aufnahmeobjektes bzw. seiner Abweichung vom Normalwert eines mittelstarken Patienten Rechnung zu tragen. Die übrigen für die Aufnahme jeweils gültigen Arbeitsbedingungen, z. B. der zu

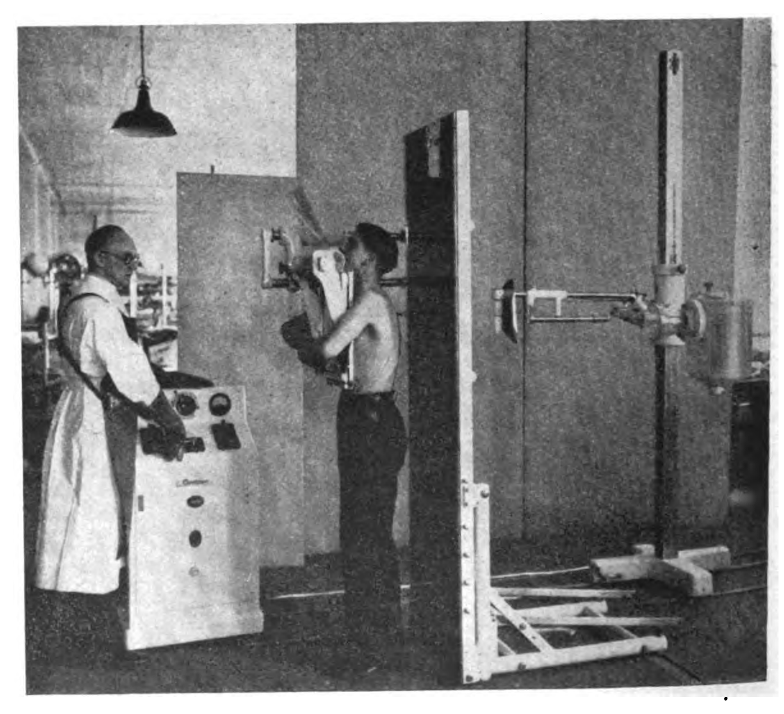


Bild 2. „Röntgenauge" mittlerer Leistung.

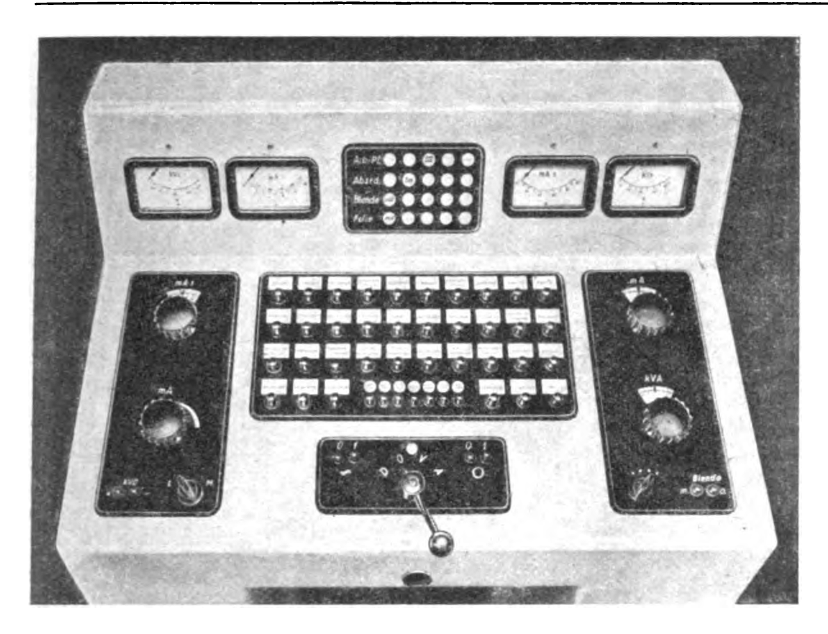


Bild 3. Schalttisch einer Hochleistungs-Röntgeneinrichtung mit Vollautomatik.

wählende Fokus-Filmabstand, die erforderlichen Hilfsgeräte usw. erscheinen dann in Form von Lichtsignalen auf der über dem Wähler angeordneten Signalscheibe.

Die Aufteilung des 36 Tasten enthalten Organwählers hinsichtlich der einstellbaren Objekte ist jedoch keinesfalls an ein starres Schema gebunden, sondern kann ohne weiteres nach etwaigen Sonderwünschen dem Aufgabenkreis des Arztes entsprechend ausgeführt und auch später nach Wunsch verändert werden. Nach Lagern des Patienten, Einstellen des Abstandes und der Strahlenrichtung braucht man also nur noch den im Vordergrunde der Tischplatte sichtbaren Hauptschalter in Stellung „Aufnahme" zu bringen, um die Belichtung vorzunehmen. Beim Bedienen der Schaltung bewegt sich der Schalthebel zwangläufig über Kontakt V (Vorbereitung), wobei Röhre und Ventile die entsprechenden Heizwerte erhalten und die Drehanodenröhre anläuft. Bei zu schnellem Bedienen der Schaltung sorgt ein Verzögerungsrelais selbsttätig für das Einschalten der hierzu erforderlichen Schaltpause.

Aus der großen Zahl der verschiedenen Röntgenuntersuchungsgeräte, die der Anwendung und Ausnutzung der Strahlung dienen, sei hier nur auf einen wertvollen Fortschritt der Röntgendiagnostik, auf das Schnitt- bzw. Schicht-Aufnahmegerät hingewiesen. Bild 4 stellt ein von allen bisherigen Konstruktionen abweichendes Untersuchungsgerät dar, bei dem Röhre und Filmkassette während der Belichtung in zwangläufiger Verbindung miteinander so um das Objekt herum bewegt werden, daß nur eine bestimmte Schicht in beliebig einstellbarer Tiefe scharf in den Film eingezeichnet, alles andere unter und über dieser Schicht aber so verwischt und unscharf wird, daß es im Bilde nicht mehr zur Darstellung kommt. Die Schichtdarstellung hat ihre Ursache darin, daß die in der Drehpunktebene liegenden Einzelheiten des Objektes trotz der Röhren- und Kassettenbewegung immer auf die gleiche Filmstelle projiziert und daher scharf abgebildet werden, während die Bilder der über und unter der Drehpunktebene liegenden Objektteile über den Film hinweggleiten, so daß sie sich nicht abbilden können.

Man kann auf diese Weise durch den Brustkorb, die Lunge, Schädel u. a. beliebige Schnitte legen und diese im Röntgenbild darstellen, ohne daß die in der gewünschten Schicht liegenden Objekte und Einzelheiten von anderen Teilen und Objekten des Körpers überdeckt werden. So sieht man z. B. in einem Lungenschichtbild nur noch die Lungenteile, Arterien, Venen, Bronchien u. a. der betreffenden Schicht ohne die störenden Rippenschatten oder Einzelheiten anderer Schichten.

Der Vorteil dieses tomographischen Verfahrens besteht also darin, daß die im bisherigen Übersichtsbild nur undeutlich oder überhaupt nicht darstellbaren Objekte im Schichtbild nicht nur mit allen Einzelheiten klar und deutlich erkennbar werden, sondern auch durch die Schichtlage gleichzeitig genau lokalisiert werden können.

Schließlich muß noch auf die Schirmbildphotographie hingewiesen werden, die vielleicht das diagnostische Röntgenverfahren auf eine veränderte technische Grundlage stellen wird. Man verwendet hierbei eine Kleinbildkamera mit äußerst lichtstarkem Objektiv, um das Röntgen-Leuchtschirmbild des Patienten zu photographieren und gleichzeitig eine Änderung bzw. starke Verkleinerung des Bildformates zu erreichen.

Es liegt auf der Hand, daß schon die Herabsetzung der bisher verwendeten großen Filmformate auf eine mittlere Kleinbildgröße von etwa $7 \times 7\,cm^2$ eine außerordentliche Ersparnis an Filmmaterial bzw. Kosten ergibt, die es gestattet, das Verfahren zur Reihenuntersuchung bzw. Durchmusterung einer beliebig großen Personenzahl einzusetzen, um Tuberkuloseerkrankte oder -verdächtige aufzufinden und einer weiteren Verbreitung der Tuberkulose in einem bisher nicht möglichen Ausmaße entgegenzuarbeiten.

Es hat sich gezeigt, daß bei Schirmbildaufnahmen, sofern man die Verkleinerung des Formates nicht zu weit treibt, die gleiche Bildgüte und diagnostische Auswertbarkeit erreichbar ist wie bei der Großformataufnahme, so daß sich das Verfahren vielleicht zukünftig einen weiter gesteckten Aufgabenkreis erschließen wird.

Arbeitsweise und Einrichtungen der Elektro-Chirurgie

Beim Schneiden nach dem elektrischen Operationsverfahren läßt man den in einem besonderen Diathermiegerät erzeugten Hochfrequenzstrom in Form eines Lichtbogens von der Nadelfläche oder Messerschneide einer geeigneten Elektrode aus in das zu durchtrennende Körpergewebe übertreten und über eine zweite, an den

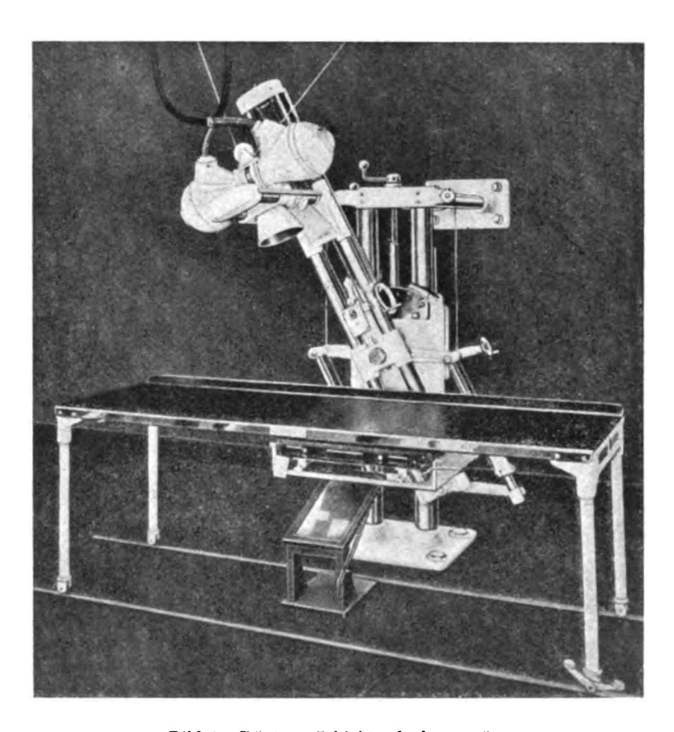


Bild 4. Röntgen-Schichtaufnahmegerät.

Patienten angelegte, möglichst großflächige Gegenelektrode zum Gerät zurückfließen. Durch starkes Konzentrieren der Strombahnen an der Übergangsstelle in den Körper treten hohe Temperaturen auf (etwa 2000 bis 3000 ° C), wodurch die Flüssigkeit in den vor der Messerschneide oder Nadelfläche liegenden Zellen explosionsartig verdampft, so daß die Zellen gesprengt werden und das Gewebe wie mit einem Messer geschnitten auseinanderklafft. Biegt man Nadel oder Messer zu einer in sich geschlossenen Draht- bzw. Bandschlingenelektrode, so lassen sich sogenannte Hohlschnitte ausführen, wobei je nach dem Schlingendurchmesser wurmförmige Gewebestücke verschiedener Stärke herausgetrennt werden und, falls erforderlich, auch ganze Weichteilschichten abgetragen werden können.

Der Hauptvorteil des elektrischen Schneideverfahrens gegenüber dem Schneiden mit dem Messer liegt in der durch den gleichzeitig eintretenden Verschluß kleiner und auch größerer Blutgefäße bedingten Blutlosigkeit, durch die das Operationsfeld übersichtlich bleibt und eine Keimverschleppung bzw. Infektion benachbarter oder auch fernerer Gebiete auf dem Blut- oder Lymphwege vermieden wird.

Beim Verkochen (Koagulation), das zum Zerstören von kranken Geweben angewendet wird, bedient man sich stempel- oder walzenförmiger Elektroden verschiedener Durchmesser, die zur lokalen Behandlung fest aufgesetzt bzw. langsam weiterbewegt werden, wenn ein streifenförmiges Verkochen größerer Flächen erzielt werden soll. Die Verkochung, die der Elektrodenfläche entsprechend mit größeren Stromstärken ausgeführt wird als der Hochfrequenzschnitt, darf nur bis zur Weißfärbung des Gewebes bzw. Eiweißgerinnung, keinesfalls aber bis zum Verschmoren oder gar Verkohlen, wie bei dem früher gebräuchlichen Glüheisen, fortgesetzt werden.

Beim Verkochen eines krebsverdächtigen Knotens im Gewebe, das heute meist unter lokaler Betäubung ausgeführt werden kann, hat der Patient kaum den Eindruck der allgemein gefürchteten Operation, da das elektrische Verfahren vollkommen blutlos vor sich geht und eher einer harmlosen Ätzung ähnelt. Nach dem Verkochen stößt der Körper das zerstörte Gewebe von selbst ab. Man kann hierbei in besonders schonender Weise vorgehen, indem man zunächst nur eine gewisse Schicht an der Oberfläche zerstört, einige Tage bis zur Abstoßung abwartet, um dann gegebenenfalls das Verfahren bis zum gewünschten Erfolg zu wiederholen. Auf diese Weise läßt sich eine günstige und vorsichtige Dosierung gewährleisten, die nicht mehr zerstört, als unbedingt notwendig ist.

Wie oben erwähnt wurde, spielt die Koagulationswirkung auch beim Schneiden eine wichtige Rolle, indem sie einen Verschluß der die Schnittflächen durchsetzenden Blutgefäße herbeiführt; hierbei muß jedoch die Stärke der Koagulation bzw. der von ihr abhängigen Blutstillung innerhalb gewisser Grenzen regulierbar sein, je nachdem es sich um mehr oder weniger bluthaltiges Gewebe handelt. Einerseits muß die Koagulation jeweilig zum Blutstillen ausreichen, anderseits darf sie aber auch nicht stärker als notwendig bemessen werden, da mit einer stärkeren Koagulation der Schnittflächen auch eine längere Heilungsdauer verbunden ist. Die erforderliche Anpassung geschieht jeweilig durch den Operateur, der durch verschiedene Schneidestromstärken bzw. der davon abhängigen Schnittgeschwindigkeiten sogenannte Scharfschnitte oder auch Schorfschnitte, letztere mit stärkerer Koagulation der Schnittflächen, erzielen kann.

Selbstverständlich müssen in der hierbei verwendeten Spezialeinrichtung die technisch-physikalischen Voraussetzungen für die Schnittbildung erfüllt sein, was durch sorgfältiges Bemessen und Anpassen der Schneidespannung an die bei der Operation am menschlichen Körper auftretenden Widerstände und durch Wahl einer bestimmten, verhältnismäßig hohen Frequenz erreicht wird.

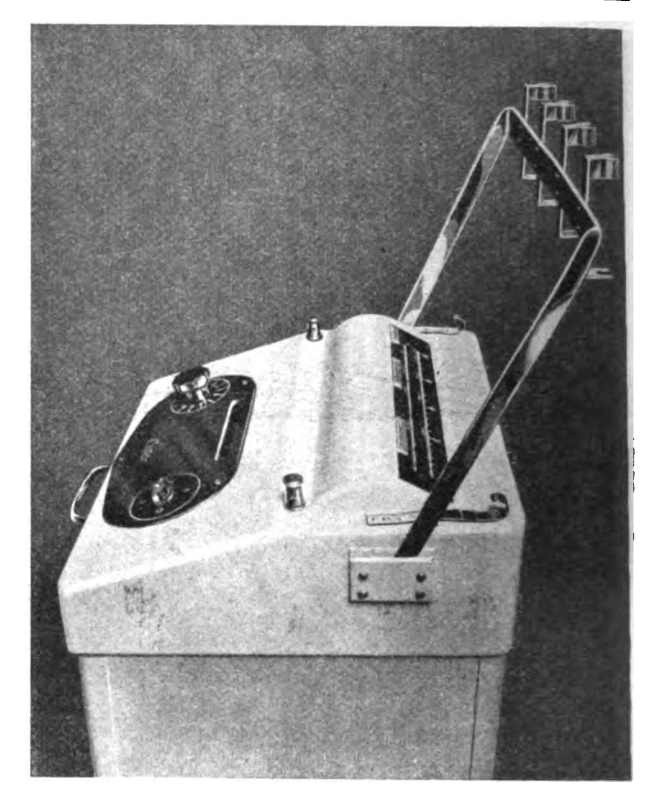


Bild 5. Oberteil eines elektrochirurgischen Diathermiegerätes.

Zu erwähnen ist noch der sogenannte Unterwasserschnitt, der mit der gleichen Einrichtung in der mit destilliertem Wasser durchspülten Blase ausgeführt wird. Selbstverständlich bedarf es hierzu eines für diese besondere Aufgabe konstruierten und mit einer Optik ausgestatteten Operationsinstrumentes, das dem Operateur die Ausführung der erforderlichen Eingriffe unter Leitung des Auges gestattet.

Bild 5 zeigt die Schaltplatte eines neuzeitlichen Diathermiegerätes für die Elektrochirurgie, das mittels einer besonderen Fernschaltung durch den Operateur vom Druckknopf des Operationshandgriffes aus netzseitig ein- und ausgeschaltet werden kann. Die Handgriffe können durch Anschlußkabel und Stecker mit einer Reihe verschiedener Steckbuchsen verbunden werden, die durch eine Potentiometeranordnung für eine regelbare, den jeweiligen Anforderungen entsprechende Leistung eingestellt werden können. Man arbeitet hier etwa mit Stromstärken bis zu 15 A bei einer Spannung von etwa 20 bis 50 V. Der Operateur braucht also nur noch den betreffenden Handgriff zu wählen und kann sofort die Operation mit der gewünschten Stromdosierung beginnen.

Einrichtungen zur Kurzwellen-Therapie

Eine weitverbreitete Anwendung zur konservativen Wärmebehandlung finden die Hochfrequenzströme heute ferner in den Kurzwellentherapiegeräten, die mit Wellenlängen von etwa 1 bis 20 m arbeiten, wobei die Energie dem Patienten entweder mit einem Kondensator- oder einem Spulenfeld zugeführt wird. Das Hauptanwendungsgebiet der Kurzwellentherapie ist der entzündliche Prozeß in jedem Stadium und in jeder Lokalisierung, der, sofern die Operation nicht angezeigt erscheint, mit besten Erfolgsaussichten behandelt werden kann. Aber auch andere Krankheiten, die auf Wärme günstig reagieren, werden erfolgreich behandelt.

Bei der Kurzwellentherapie handelt es sich offenbar um eine reine Wärmewirkung, die in dem behandelten Körperteil eine gesteigerte Blutzufuhr (Hyperaemie) bzw. Ausscheidung von Krankheitsstoffen hervorruft. Nach den Erfahrungen und Anschauungen maßgeblicher For-

Bild 6. Zweiröhrensender für Kurzwellen-Fieberbehandlung.

scher liegt nicht die geringste Veranlassung vor, bei den Kurzwellen sogenannte spezifische Wirkungen, d. h. andere als durch Wärme bzw. Temperatursteigerung bedingte Wirkungen, anzunehmen, weil die letzteren nur am kurzwelligen Ende des elektromagnetischen Spektrums, also bei den Gamma-, Röntgen- und ultravioletten Lichtstrahlen, nachweisbar sind. Beim Ultraviolett handelt es sich immerhin noch um Wellenlängen von Bruchteilen eines tausendstel Millimeter, während die Wellenlängen der Kurzwellentherapie bereits nach Metern gemessen werden.

Einen eindeutigen Beweis für das vollkommene Fehlen spezifischer Wirkungen liefert auch die Möglichkeit, z. B. Hühnereier mit Kurzwellen auszubrüten. Die auf diese Weise entwickelten Hühnchen und sogar ihre Nachkommen unterscheiden sich erfahrungsgemäß in keiner Weise von normal ausgebrüteten.

Eine interessante und wichtige Anwendung finden die Kurzwellen heute in der künstlichen Fiebertherapie, die an Stelle der bekannten Malariakur zum erfolgreichen Behandeln der früher als unheilbar geltenden Tabes, der Paralyse, luetischer Gehirnerkrankungen und anderer Leiden eingesetzt wird.

Zum Erzeugen der Kurzwellenenergie, die zum Zweck der Wärmeerzeugung bzw. Temperatursteigerung mittels zweier an Kabel angeschlossener Schleifenelektroden in den Körper hineininduziert wird, dient der in Bild 6 dargestellte Zweiröhrensender, der eine Hochfrequenzleistung von etwa 1000 W bei 20 m Wellenlänge abzugeben vermag.

Zu Beginn der Fieberbehandlung ist zunächst eine starke Schweißbildung des warm eingehüllten Patienten zu beobachten, die etwa nach einer halben Stunde nachläßt, um einer Temperatursteigerung bzw. dem einsetzenden Heilfieber den Weg freizumachen. Im Gegensatz zu den unberechenbaren Zufällen der Malariakur läßt sich das neue Verfahren hinsichtlich Dauer und Stärke der Behandlung vollkommen beherrschen, abgesehen davon, daß dem Patienten auch die zusätzliche Malaria-Infektion, die für den Heilerfolg entbehrlich zu sein scheint, erspart bleibt.

Elektrokardiographen u. a.

Zum Abschluß unserer Betrachtungen soll noch auf ein Untersuchungsgerät zum Beurteilen der Arbeitsweise und Leistungsfähigkeit des Herzens, den Elektrokardiographen, hingewiesen werden, der neben dem Röntgenverfahren zum wertvollen diagnostischen Hilfsmittel des Herzarztes, Internisten und Allgemeinpraktikers geworden ist. Das mit einem Spannungsverstärker arbeitende Gerät benutzt die bei jeder Muskelarbeit bzw. die bei der Herzpulsation im arbeitenden Muskel auftretenden winzigen Spannungen, um eine alle Phasen der Herzbewegung umfasende Kurve aufzuzeichnen, die das Röntgenbild des Herzens in bester Weise ergänzt.

Gestattet das Röntgenbild dem Arzte wichtige Schlüsse aus der Form, Lage und Größe unseres Lebensmotors, so bietet das elektrokardiographische Verfahren die Möglichkeit, den gesamten Ablauf der Herzfunktion, z. B. die Erregung der Vorhöfe und die sich anschließende Erregung der Kammern sowie die sogenannten Nachschwankungen kurvenmäßig aufzuzeichnen und Reizbildungs- und Reizleitungsstörungen, Myokardschädigungen u. a. zu erkennen.

Abschließend seien noch die Ultraviolettstrahler zum Umwandeln des Cholesterins der Haut in Vitamin D und das elektrophoretische Reinigen und Entschlacken des Körpers im Vollbad mit Auflösung der überschüssigen Harnsäure und anderer Ablagerungen sowie das Einverleiben von Medikamenten durch die unverletzte Haut als aussichtsreiche elektromedizinische Verfahren genannt.

Zusammenfassung

Den größten Nutzen aus der beschriebenen Entwicklung elektromedizinischer Einrichtungen scheint die Diagnostik, die Lehre vom Erkennen der Krankheiten, gezogen zu haben, der heute feine Untersuchungsverfahren aller Art zur Verfügung stehen, um Abweichungen vom Gesundheitszustand schon im Entstehen auffinden zu können. Auch die Behandlung von Krankheiten hat durch neue physikalische Heilmittel oder auch durch vereinfachte Operationen große Fortschritte aufzuweisen, so daß die Zahl der früher als unheilbar geltenden Krankheiten nicht zuletzt dank der Entwicklung neuzeitlicher elektromedizinischer Geräte heute erheblich geringer geworden ist.

Reichweiten von Funkwellen

DK 621.396.812.4

In einem Rundschreiben über Distance Ranges of Radio Waves (Letter Circular LC 615) des National Bureau of Standards, Washington, D. C. vom 25. X. 1940 werden über die Ausbreitungsverhältnisse der für den überseeischen Funkverkehr gebräuchlichen Wellen zwischen 10 kHz und 30 MHz Voraussagen für das Jahr 1941 getroffen. In diesem amerikanischen Bericht wurden Ergebnisse der Funkübermittlung verwertet, die aus jahrelangen Erfahrungen gewonnen wurden. In den vier wiedergegebenen Bildern sind für zwei verschiedene Tageszeiten (Mittag und Mitternacht) zu den Jahreszeiten Sommer und Winter die für das Jahr 1941 zu erwartenden Ausbreitungsverhältnisse dargestellt[1]).

[1]) S. a. H. A. Heß, Die abnormale E-Schicht der Ionosphäre und eine ungewöhnliche Fernwirkung von Ultrakurzwellen. ETZ 62 (1941) H. 17, S. 401.

Eine Fernübertragung der Funkwellen geschieht hauptsächlich durch die Ausbreitung der Bodenwelle entlang der Erdoberfläche und der Raumwelle, die von der Ionosphäre zur Erde zurückgeworfen wird. Die Reichweite der Bodenwelle ist im allgemeinen bei niederen Frequenzen unterhalb 500 kHz groß und nimmt mit steigender Frequenz ab, weil sich die Bodenwellenabsorption vergrößert. Sie ist für Erde verschiedener Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstanten verschieden, aber bei einer festen Frequenz über einen vorgegebenen Übertragungsweg zeitlich ziemlich konstant. Über Landstrecken ist die Reichweite der Bodenwelle jedoch etwas kleiner als auf dem Ozean, wie in den Bildern zum Ausdruck gebracht ist. Die Reichweite der Raumwelle dagegen ist weder konstant mit der Zeit noch mit der Frequenz oder der Entfernung. Wie die

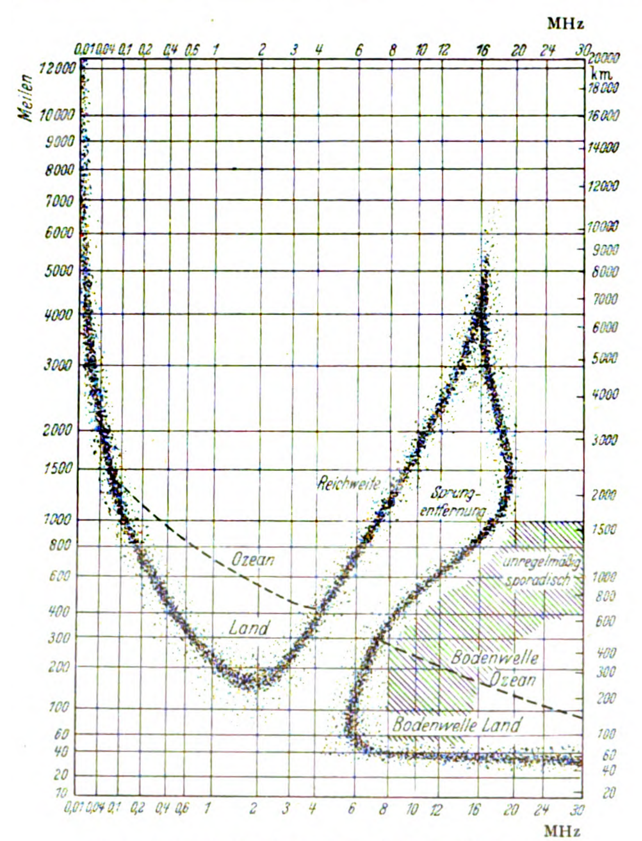


Bild 1. Ausbreitungsverhältnisse im Sommer 1941 am Tage.

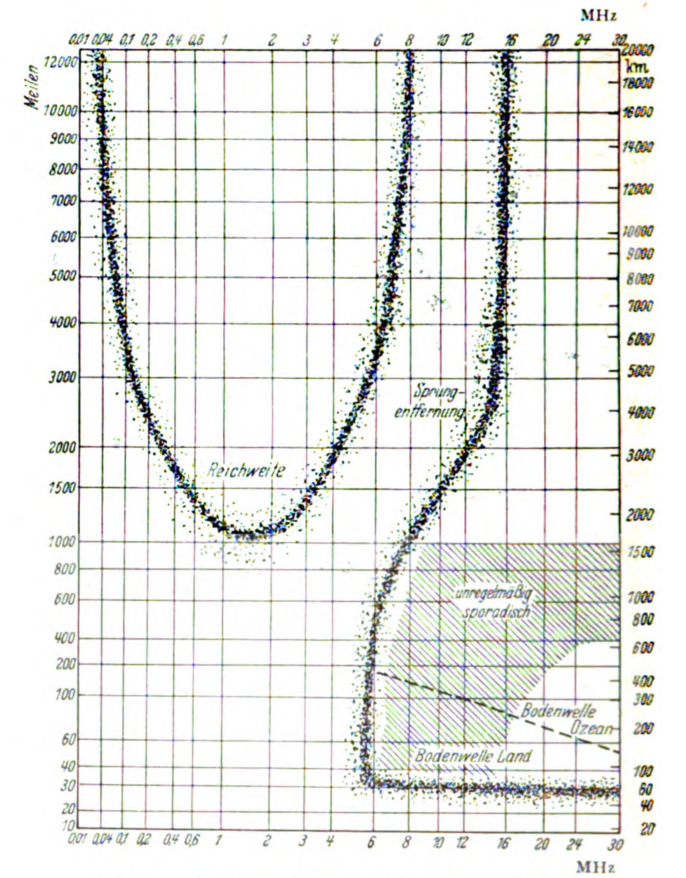


Bild 2. Ausbreitungsverhältnisse im Sommer 1941 bei Nacht.

Kurvenbilder zeigen, besteht etwa im Rundfunkband bei Frequenzen zwischen 550 und 1600 kHz ein Reichweitenminimum. Zur Tageszeit ist die Absorption der Raumwellen so groß, daß hier teilweise im Sommer bei Frequenzen von etwas unterhalb bis etwas oberhalb des Rundfunkbandes keine Raumwelle mehr zustande kommt. Die großen Veränderungen bei der Raumwellenausbreitung hängen von den Zuständen der Ionisation in der höheren Atmosphäre ab. Neben dem täglichen Wandel zwischen Tageslicht und Dunkelheit wurden noch andere Ursachen gefunden, denen ein Einwirken auf den Ionisationszustand zuzumessen ist, diese sind die geographische Breite, die Jahreszeit, ferner magnetische Stürme und Sonnenstörungen[2]). Da sie Änderungen im Ionisationszustand bedingen, ergeben sich daher Schwankungen der Reichweite der Funkwellen von Stunde zu Stunde, Tag zu Tag, Jahreszeit zu Jahreszeit und Jahr zu Jahr.

Für die Skalen der Abszissen und Ordinaten der vier Kurvenbilder wurde der kubische Maßstab gewählt. Die aufgetragenen Zahlenwerte sind proportional zur dritten Potenz der Entfernung entlang der Skala. Dies wurde deswegen so angeordnet, weil so die Werte befriedigender getrennt werden können. Eine lineare Skala würde eine zu stark zusammengedrängte Darstellung bei den niederen Werten und eine logarithmische Skala eine zu starke Zusammendrängung der hohen Werte ergeben.

Während die Reichweite der Bodenwelle berechenbar ist, gibt es keine allgemein anwendbaren Formeln für ein Ausbreiten der Raumwelle. Die Kurvenbilder wurden daher auf Grund von Erfahrungen zusammengestellt und geben mittlere Reichweiten; sie beziehen sich ferner auf 1 kW Strahlungsleistung beim Sender und nicht etwa auf Richtantennen. Bei größeren Sendeenergien würden daher auch größere Reichweiten erzielt werden. Innerhalb der Rundfunkfrequenzen ist bei den in den Kurven dargestellten Reichweiten keineswegs ein ausreichender Programmempfang zu erwarten. Die Kurvenbilder zeigen die Grenzen der Entfernungen, bis zu denen praktisch eine funktelegraphische Verständigung möglich ist. Ihnen ist eine für einen sicheren Empfang geringste Feldstärke in Gegenwart von mittleren Überlagerungen der Grundwelle und Geräuschen zugrunde gelegt. Diese Grenzfeldstärke ist zu den verschiedenen Zeiten auf den einzelnen Frequenzen verschieden. In Tafel 1 sind Werte für die Grenzfeldstärke wiedergegeben, die bei der Bestimmung der Reichweiten als Richtlinien dienen können.

[2]) ETZ 62 (1941) H. 5, S. 99 u. 100.

Tafel 1. Werte der Grenzfeldstärke zum Bestimmen der Reichweite.

	0,1 MHz	1,0 MHz	5,0 MHz	10,0 MHz
Sommer (Tag)	60 µV/m	10 µV/m	10 µV/m	3 µV/m
Sommer (Nacht) . . .	100	50	15	1
Winter (Tag)	25	1	2	1
Winter (Nacht) . . .	35	5	1	1

Oberhalb einer bestimmten Frequenz gibt es, wie in den Kurvenbildern gezeigt ist, für jede Frequenz eine Entfernungszone, in der keine regelmäßigen Raumwellen von der Ionosphäre zur Erde zurückgeworfen werden. Man erkennt eine Zone mit einer inneren und einer äußeren Grenze, in der kein regelmäßiger Empfang möglich ist; sie wird Sprungzone und ihre äußere Grenze Sprungentfernung genannt. Nach der rechten Hälfte der Bilder sind für eine bestimmte Frequenz (z. B. 20 MHz, Bild 3) die Wellen bei Entfernungen von Null bis zur Bodenreichweite verschieden für Land und See zu empfangen; nicht mehr zu empfangen sind sie von dort ab aufwärts bis zu dem durch die Linie „Sprungentfernung" gegebenen Abstand und wieder zu empfangen von dort ab bis zur Linie „Reichweite".

In Bild 1 und 2 ist ein Teil der rechten Seite schrägschraffiert und mit „Unregelmäßig sporadisch" bezeichnet. Dies bedeutet, daß bei den dort vermerkten Entfernungen und Frequenzen eine sporadische Funkübertragung zu unregelmäßigen Zeiten stattfindet, und zwar innerhalb der Sprungzone. Die Zeiten, zu denen sich eine solche Übertragung ereignet, können nicht vorausgesagt werden; sie herrschen von Mai bis August vor und können sowohl am späten Nachmittag als auch am Abend oder Vormittag plötzlich auftreten. Diese Ausbreitungserscheinung wird bedingt von einzelnen ionisierten Flecken in der E-Schicht der Ionosphäre[3]) und nicht durch die regelmäßigen Reflexionen an den ausgedehnten Schichten der höheren Atmosphäre, die eine regelmäßige Übertragung bestimmen. Außerdem werden gelegentlich zerstreute Reflexionen von der Ionosphäre innerhalb der Sprungentfernung empfangen. Diese sind undeutlich und gewöhnlich schwach.

[3]) Wie Fußnote 1.

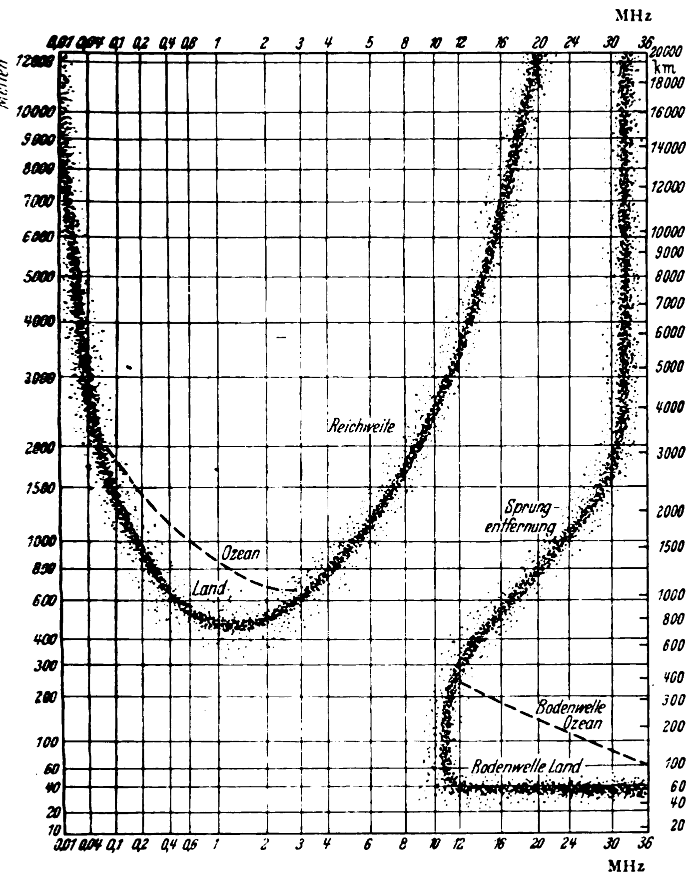


Bild 3. Ausbreitungsverhältnisse im Winter 1940/41 am Tage.

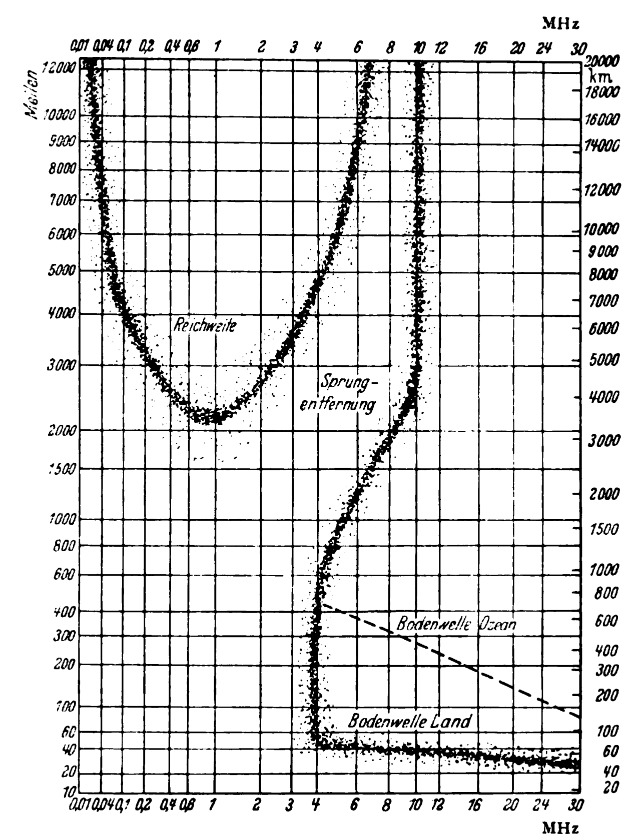


Bild 4. Ausbreitungsverhältnisse im Winter 1940/41 bei Nacht.

Die Tageskurven sind auf Mittagsverhältnissen und die Nachtkurven auf Mitternachtsverhältnissen aufgebaut. In Wirklichkeit liegt aber ein fortschreitender Wandel von dem einen zum anderen Zustand vor. Mit einiger Bestimmtheit verbleiben Tagesverhältnisse während der Abenddämmerung und Nachtverhältnisse während der Morgendämmerung. Im Frühling und Herbst liegen die Ausbreitungsverhältnisse zwischen denen des Sommers und des Winters.

Sämtlichen Kurven sind hauptsächlich Werte für die geographische Breite von Washington zugrunde gelegt; sie sollen aber auch anderswo in den gemäßigten Zonen für eine Funkübertragung als Richtlinien verwendet werden können. Für polare und äquatoriale Breiten sind sie nicht so genau.

In dem amerikanischen Bericht werden zu den Kurvenbildern noch folgende, zum Teil einschränkende Bemerkungen gemacht: Bei Wegen, die teilweise über Tages- und Nachthälften des Globus führen, liegen im allgemeinen die Reichweiten in der Mitte zwischen den in den Tages- und Nachtkurven für einen Frequenzbereich dargestellten Werten, vorausgesetzt, daß dieser sowohl bei Tage als auch bei Nacht benutzt werden kann. Für Wege, die im Sommer die Sonnenuntergangslinie kreuzen, werden die gebräuchlichen Frequenzen ungefähr die gleichen sein wie die üblichen Tageszeitfrequenzen. Bei Wegen quer zur Sonnenuntergangslinie im Winter werden die gebräuchlichen Frequenzen etwas höher liegen als die in den Kurven dargestellten Nachtfrequenzen. Für Übertragungen quer zur Sonnenaufgangslinie werden sowohl im Sommer als auch im Winter die gebräuchlichen Frequenzen ein wenig niedriger sein als die in den Kurven wiedergegebenen Nachtfrequenzen. Häufig sind die Verhältnisse auf den beleuchteten und den dunklen Seiten des Sonnenaufganges erheblich verschieden; daher ist es im allgemeinen schwierig, in Richtung quer zur Sonnenaufgangslinie zu senden, da sie meistens überhaupt eine Grenze für eine Kurzwellenausbreitung darstellt.

Die Kurvenbilder enthalten nur Reichweiten für das Jahr 1941. Da der Ionisationszustand in der höheren Atmosphäre, der im Zusammenhang mit Änderungen der ultravioletten Strahlung von der Sonne während einer ungefähr 11jährigen Periode steht, sich stetig ändert, müssen die Kurven von Jahr zu Jahr überholt werden.

Zu den durch das National Bureau of Standards, Washington, veröffentlichten Ausbreitungskurven für Funkwellen, die für das Jahr 1941 zu erwarten sind, sei noch ergänzend bemerkt, daß diesen Kurven nur bis zu einem gewissen Grad eine Richtigkeit zugemessen werden dürfte. Eine derartige Kurvendarstellung von Reichweiten der Funkwellen zwischen 10 kHz und 30 MHz über große Entfernungen muß zu einem Teil von Fällen als abwegig angesehen werden. Einer solcher Fälle sei zur Erläuterung nachfolgend aufgeführt: Nach Bild 3 (Wintertag) sollen beispielsweise auf etwa 32 MHz 20 000 km überbrückt werden können. In einer Entfernung von 20 000 km werden bekanntlich die Antipoden erreicht und dabei ergibt sich aus einfachen Überlegungen, daß dort Sommer und Nacht ist, also die in Bild 2 dargestellten Verhältnisse gültig sind. In Bild 2 ist aber 16 MHz die für eine Übertragung höchstmögliche Frequenz, demnach kann bei einer Kurzwellenausbreitung über Entfernungen von 20 000 km wohl kaum eine höhere Frequenz als 16 MHz in Betracht kommen.

In dem amerikanischen Bericht ist die Richtung, in der eine Ausbreitung stattfindet, entweder entlang der Breitenkreise (Ost-West-Richtung) oder entlang der Längenkreise (Nord-Süd-Richtung) nicht genügend beachtet. Je größer die überbrückten Entfernungen sind, desto mehr verdient die geographische Richtung der Übertragung eine Berücksichtigung. Bei Kurzwellenübertragungen über große Entfernungen bis zu den Antipoden liegen die Verhältnisse erheblich verwickelter, als überhaupt in einfachen Kurvendarstellungen zum Ausdruck gebracht werden kann. Auf Entfernungen bis zu 6000 km sind jedenfalls die Kurven mit Bestimmtheit gut zu gebrauchen, und es dürfte ihnen dabei auch eine ausreichende Genauigkeit zukommen.

H. A. Heß

Neue Fortschritte in der Entwicklung von Maschennetzschaltern

Von K. Kirsch VDE, Berlin

DK 621.316.54

Übersicht. Nach einem vergleichenden Überblick über die Entwicklung der Maschennetzgeräte wird der derzeitige Stand der Erkenntnisse betrachtet und eine neue Ausführung von Niederspannungs-Maschennetzschaltern beschrieben.

Mit der größer werdenden Belastungsdichte in großen Stadtnetzen und Industrieanlagen, die heute teilweise erhebliche Ausmaße erreichen, hat das Maschennetzsystem durch seine betrieblichen und wirtschaftlichen Vorteile eine große Bedeutung erlangt und wurde durch die wissenschaftliche Durchforschung in den letzten Jahren[1]) so durchgebildet, daß die Erfüllung der für die Auswahl des Netzsystems maßgebenden Forderungen keine Schwierigkeiten mehr bieten kann.

Aufgaben der Maschennetzschalter

Maschennetz- oder auch Rückleistungsschalter haben die grundsätzliche Aufgabe, eine Rückspeisung auf einen Fehler im Transformator oder dessen zuspeisendes Hochspannungskabel aus dem vermaschten Niederspannungsnetz heraus zu verhindern. Das Abschalten des Maschennetzschalters wird in solchen Betriebsfällen durch ein Leistungsrichtungsrelais eingeleitet, d. h. der vom Fehler betroffene Transformator und damit auch sein Hochspannungs-Zuleitungskabel werden niederspannungsseitig von dem Maschennetz abgeschaltet. Andere Schutzorgane sind an einem Maschennetzschalter nicht vorhanden und gar nicht erforderlich, weil Fehler im Niederspannungsnetz durch Maschennetzsicherungen oder durch Ausbrennen der Kabel mit genügender Sicherheit abgeschaltet werden. Eine etwa eingebaute Überstromauslösung, welche die Ursache eines Netzzusammenbruchs sein könnte, besitzt nicht die genügende Selektivität zu den vorgenannten Sicherungen; sie könnte günstigstenfalls durch eine Verzögerung mechanischer Art die gewünschte Selektivität erreichen. Dann würde sie jedoch praktisch nie zur Auswirkung kommen, weil der Fehler inzwischen durch die Maschennetzsicherungen abgetrennt oder ausgebrannt ist. Dies führt auch zu Schwierigkeiten, wenn hochspannungsseitig Schmelzsicherungen angeordnet sind, da diese mit ihrer ziemlich geringen Trägheit rasch ansprechen.

Grundsätzlicher Aufbau und Entwicklung der Maschennetzschalter

Der Maschennetzschalter besteht also im wesentlichen aus dem Selbstschalter mit den für die Auslösung erforderlichen Teilen und dem Rückleistungsrelais. Der Schalter kann hierbei mit oder ohne selbsttätige Wiedereinschaltvorrichtung ausgerüstet sein. Dies ergibt sich aus den besonderen Betriebserfordernissen; er kann mit Schaltmotor, Druckluftantrieb oder Einschaltmagnet durchgebildet sein. Schalter und Relais müssen harten Anforderungen gerecht werden, da der Kurzschlußstrom auf hohe Werte ansteigt und die Spannung in der Nähe der Kurzschlußstelle sehr klein werden kann. Wie diese Fragen konstruktiv gelöst wurden, soll in der nachfolgenden Betrachtung über die Entwicklung dieser Geräte beschrieben werden.

Bei den ersten Ausführungen wurden die Rückleistungsrelais für hohe Empfindlichkeit bemessen, um zu erreichen, daß die Auslösung bereits stattfand, wenn die Transformatoren nach Öffnen des Hochspannungsschalters am Anfang des zugehörenden Speisekabels ihre Leerlaufleistung aus dem vermaschten Niederspannungsnetz entnehmen. Durch Abschalten bestimmter Transformatoren in Zeiten geringer Belastung konnten Leerlaufverluste eingespart werden. Diese Gedankengänge überwogen nicht nur in der deutschen, sondern auch besonders stark in der außereuropäischen Praxis. Die Erfahrung hat jedoch diese Anschauungen in wesentlichen Punkten geändert.

Die vorerwähnte hohe Empfindlichkeit kann nämlich zu starken Beunruhigungen des Betriebes und zu häufigem, nicht gewünschtem Ansprechen der Schalter führen. Hierbei kann ohne eine Spannungsänderung im Netz oder einen Fehler im Transformator oder im ankommenden Speisekabel eine Rückleistung geringerer Höhe über den Schalter fließen und das Relais zum Ansprechen bringen. Bereits bei Ausgleichströmen zwischen parallelgeschalteten Transformatoren ungleicher Kurzschlußspannungen kann eine Rückleistung ausgelöst werden, die den Schalter zum Abschalten bringt. Ähnliche Vorgänge entstehen, wenn beispielsweise eine Ausgleichsleistung von einem niedrig- zu einem hochbelasteten Netzteil fließt. Sind in der Nähe einer Transformatorenstation größere Drehstrommotoren zum Antrieb von Aufzügen und ähnlichen Einrichtungen eingebaut, so kann, wenn diese zum Bremsen im übersynchronen Lauf herangezogen werden, gleichfalls eine zur Auslösung genügende Rückleistung in das Netz geschickt werden. Auch bei Anschluß von Abnehmern an das Hochspannungsspeisekabel können Betriebsfälle eintreten, die zu unerwünschten Abschaltungen zum Nachteil des Niederspannungs-Maschennetzes führen.

Deshalb mußte ein Relais geschaffen werden, das diese unerwünschten Beanspruchungen ausschaltet. Die Lösung der Aufgabe, Rückleistungsrelais mit verminderter Auslöseempfindlichkeit auszurüsten, wurde in verschiedener Form gefunden. Die ausländische Praxis versuchte dies zunächst auf mechanischem Wege durch Erhöhen der Gegenfederkraft zu erreichen, mußte diese Maßnahmen aber zusätzlich auf elektrischem Wege durch Erzeugen eines weiteren Drehmomentes ergänzen. Dieses Zusatzmoment arbeitet den Drehmomenten der einzelnen Systeme entgegen. Der höhere Grad der Unempfindlichkeit kann durch anzapfbare Vorwiderstände erweitert werden. Der Nachteil der vergrößerten Empfindlichkeit auf elektrischem Wege ist die Abhängigkeit von der Betriebsspannung, die so weit gehen kann, daß die ursprünglich vorhandene hohe Empfindlichkeit wiederhergestellt wird. Die Größe der Unempfindlichkeit kann auch durch eine elektrische Bremse beeinflußt und bei bestimmten Strömen wieder aufgehoben werden.

In der deutschen Praxis wird die spannungsabhängige Kennlinie durch Beeinflussen des Systems mittels besonderer Hilfstriebsysteme erzielt. Dies ist von größerem Vorteil, da besondere Maximalglieder nicht erforderlich sind und eine größere Betriebssicherheit erreicht wird.

[1]) K. Menny, Die wirtschaftliche Bemessung städtischer Drehstrom-Niederspannungsmaschennetze (Dissertation T. H. Hannover). — P. Denzel, Selektive Abschaltung von Netzfehlern in vermaschten Gleichstromnetzen unter besonderer Berücksichtigung ihrer Speisung durch Gleichrichter (Dissertation T. H. Stuttgart).

Der wesentliche Unterschied der beiden Entwicklungsrichtungen besteht in der Wahl der Betriebsgrößen für das selbsttätige Wiedereinschalten. Bei dem später gezeigten Ausführungsbeispiel ist die einfachste Form der Wiedereinschaltung durch ein Luftschütz vorgesehen, das die Sekundärspannung des Transformators überwacht und bei Erreichen eines bestimmten Spannungswertes das Wiedereinschalten über ein selbsttätiges Schaltorgan einleitet. Dies ist jedoch nur dann möglich, wenn ein bei normaler Spannung ziemlich wenig empfindliches Relais verwendet wird. In allen Fällen mit eingebauten empfindlichen Relais müssen andere Betriebsgrößen für das Wiedereinschalten herangezogen werden, wie dies auch bei den älteren Ausführungsformen vorgesehen war. Neben der Größe der Differenzspannung mußte hierbei auch die Vektorlage der Differenzspannung berücksichtigt werden, d. h. das Relais prüft, ob nach Einschalten des Maschennetzschalters auch mit Sicherheit eine Wirklast in das Netz hineinfließen kann. Hierzu ist ein weiteres einphasiges Relais erforderlich.

Das Rückleistungsrelais löst also im Fehlerfall den Maschennetzschalter auf der Niederspannungsseite aus, und das Schütz schaltet bei einem bestimmten Spannungswert über das Einschaltorgan das Netz wieder ein. Ob eine selbsttätige Wiedereinschaltvorrichtung erforderlich ist, richtet sich nach den Betriebsverhältnissen und ist verschieden, wenn der Maschennetzschalter für vermaschte Stadtnetze oder für eine vermaschte Werkanlage verwendet wird. Im letzten Falle ist das Schaltgerät meist leicht zugänglich, so daß selbst bei umfangreichen Werkanlagen auch von Hand schnell wiedereingeschaltet werden kann. In Stadtnetzen hängen dagegen eine hohe Zahl von Verbrauchern an dem Netz, so daß große Betriebsausfälle auftreten, wenn die Wiedereinschaltung nicht selbsttätig nach Beseitigen des Fehlers stattfindet. Die Relais sind meist so geschaltet, daß die größte Empfindlichkeit bei einem nacheilenden Strom mit einem Verschiebungswinkel von $\varphi = 60°$ entsprechend dem in den meisten Fällen vorhandenen Kurzschluß-Phasenwinkel erreicht wird. Bei voreilenden Strömen ist die Empfindlichkeit naturgemäß geringer.

Ausführung neuer Richtungsrelais für Maschennetzschalter

Das in Bild 1 gezeigte Relais besteht aus drei einphasigen Induktionsgliedern, deren Arbeitskontakte nach Bild 2 für die Auslösung zueinander parallelgeschaltet sind. Jedes Relais spricht an, wenn die seinem Strom- und Spannungspfad zugeführte Leistung einen durch die Kennlinie gegebenen, in seiner Richtung der üblichen Speisung aber entgegengesetzten Wert erreicht oder überschreitet. Bei dreiphasigen Kurzschlüssen werden in der Regel alle Relaisglieder ihre Kontakte schließen. Bei zweipoligen Kurzschlüssen sprechen nur zwei Relaisglieder an; für das Auslösen genügt es jedoch, wenn nur ein Relaisglied seinen Kontakt schließt. Für das Abschalten eines zweipoligen Kurzschlusses ist deshalb eine doppelte, für einen dreipoligen Kurzschluß eine dreifache Sicherheit gewährleistet. Auch bei fehlerfreiem Netz und gesunder Spannung kann eine Rückleistung infolge ungleicher Belastung der Netzmaschen fließen, ohne daß ein Abschalten des Maschennetzschalters eingeleitet wird. Die Vorteile eines ruhigen Netzbetriebes vereinigen sich mit der Möglichkeit, gelegentlich auch einmal einen Hochspannungsabnehmer von der Netzseite her zu speisen.

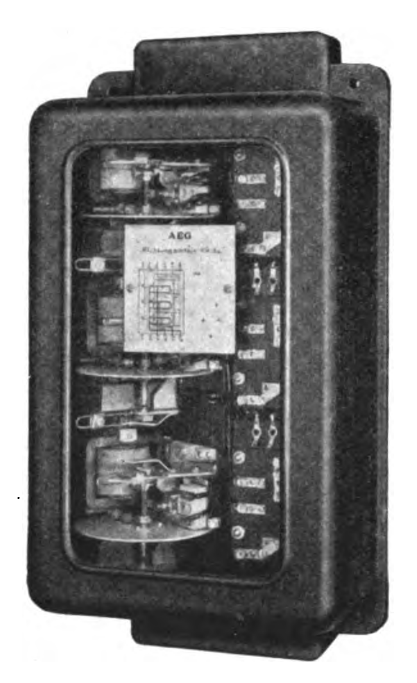


Bild 1. Richtungsrelais für Maschennetzschalter.

Als Folge des Kurzschlusses bricht die Netzspannung zusammen. Deshalb ist erforderlich, daß unter diesen Umständen und auch bei kleinen Strömen die Abschaltung eingeleitet werden muß. Das Relais erhält daher eine spannungsabhängige Kennlinie, die durch einen besonderen Wandler und Drosselsatz erreicht wird. Diese Drosselsätze sind in das Relais mit eingebaut, und durch Verändern der Verbindungen mittels besonderer Laschen kann die Kennlinie verändert bzw. auf einer Prüfstellung im stromlosen Zustand geschaltet und hierdurch die Wirkungsweise einwandfrei überwacht werden.

Die Spannungsabhängigkeit wird durch einen eingestellten Hilfskreis erzeugt, durch den dem Sekundärstrom in der Stromspule ein zusätzlicher Strom überlagert wird, der mit der an der Spannungsspule liegenden Phasenspannung ein Drehmoment bildet, das dem Hauptdrehmoment entgegengesetzt gerichtet ist. Wie Bild 3 für die größte Relaisempfindlichkeit erkennen läßt, ist eine

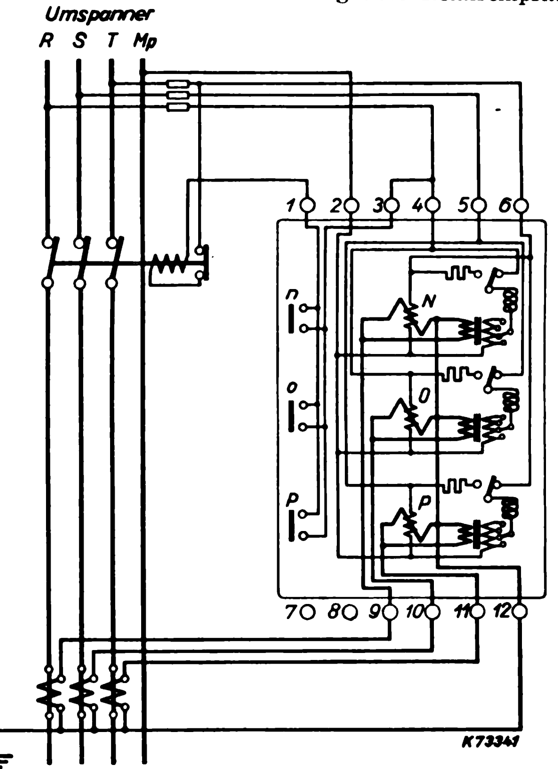
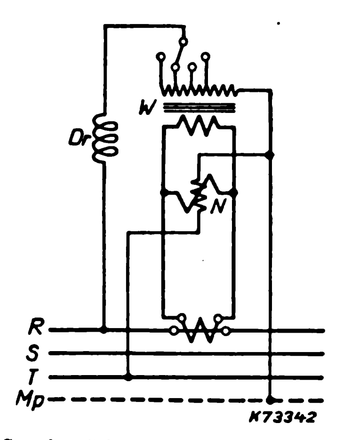
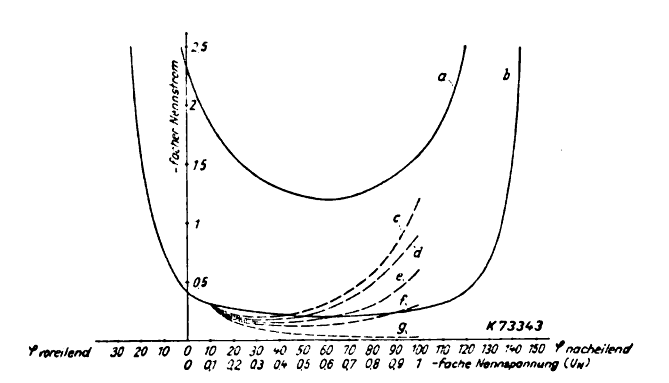


Bild 2. Schaltung des Richtungsrelais für Maschennetzschalter.



Grundsätzliche Schaltung eines Relaisgliedes

N, O, P	Richtungsglieder
Dr	Drossel
W	Hilfswandler
R, S, T	Leiter des Drehstromnetzes
n, o, p	Kontakte der Richtungsglieder



a Ansprechstrom $I_A = f(\varphi)$ des Relais bei Kurzschluß mit der Restspannung $U_K = U_N$ (starre Spannung)

b Ansprechstrom $I_A = f(\varphi)$ des Relais bei Kurzschluß mit der Restspannung $U_K = 0{,}1 \cdot U_N$ (Spannung zusammengebrochen)

c Ansprechstrom $I_A = f(U_N)$ für $\varphi = 60°$ nacheilend. Einstellung des Ansprechrückstromes $1,2 \cdot I_N$ bei U_N

d Ansprechstrom $I_A = f(U_N)$ für $\varphi = 60°$ nacheilend. Einstellung des Ansprechrückstromes $0{,}9 \cdot I_N$ bei U_N

e Ansprechstrom $I_A = f(U_N)$ für $\varphi = 60°$ nacheilend. Einstellung des Ansprechrückstromes $0{,}6 \cdot I_N$ bei U_N

f Ansprechstrom $I_A = f(U_N)$ für $\varphi = 60°$ nacheilend. Einstellung des Ansprechrückstromes $0{,}3 \cdot I_N$ bei U_N

g Ansprechstrom $I_A = f(U_N)$ für $\varphi = 60°$ nacheilend. Einstellung des Ansprechrückstromes, Hilfskreis offen.

Bild 3. Ansprechstromkennlinien eines Leistungsrichtungsrelais für Maschennetzschalter bei dreipoligen Kurzschlüssen.

Einstellung des Rückleistungsrelais zwischen dem 0,3- bis 1,2fachen des Nennstromes möglich. Beim Absinken der Spannung im Kurzschlußfall steigt die Empfindlichkeit. Die Abbildung zeigt, daß der Wert für die Empfindlichkeit bei einem Phasenverschiebungswinkel $\varphi = 60°$ sein Maximum erreicht.

Im Gegensatz zu den dreiphasigen Relais mit gemeinsamem Kontakt sind in der deutschen Praxis die Rückleistungsrelais aus drei Einphasensystemen zusammengesetzt. Der besondere Vorteil der Anordnung mit drei Relais ist die bei einphasigen Fehlern auf der Hochvoltseite, z. B. bei Windungsschluß in den Transformatoren, vorhandene wesentlich größere Empfindlichkeit. Solange der Fehler in der Entwicklung ist, kann die Rückleistung einer Phase kleiner sein als die Summe der Vorwärtsleistungen der beiden anderen Phasen zusammen genommen. Ein dreiphasiges System spricht in diesem Falle nicht an, während ein einphasiges System anspricht und die Ausbildung des Fehlers verhindert.

Dieses Relais hat ferner noch eine Kontrollmöglichkeit im eingebauten Zustand. Durch Umschalten auf einen Hilfskreis wird jedem System über einen entsprechend bemessenen Vorwiderstand eine Leistung zugeführt, die seiner kleinsten Ansprechleistung entspricht. Nach dem Ferraris-System wirkt das in Bild 1 gezeigte Relais mit dem Spannungs- und Stromtriebwerk auf die Aluminiumscheibe, wobei die Spannungsspule jeweils zwischen Sternpunkt und dem Leiter angeschlossen ist (s. Bild 2), dessen Spannung in der Phase der den Strom im Strompfad treibenden Spannung voreilt. Hierdurch wird erreicht, daß bei zweipoligen Kurzschlüssen mindestens an einem Relaisglied eine gesunde Spannung mit dem Strom des kranken Leiters zusammenwirkt. Bei einpoligen Kurzschlüssen liegt stets an dem Relaisglied des vom Kurzschluß betroffenen Kreises eine gesunde Spannung. Hierdurch ist selbst bei einpoligen satten Kurzschlüssen eine einwandfreie, richtungsabhängige Auslösung gewährleistet. Die Richtungsglieder arbeiten auch bei unmittelbar neben der Einbaustelle auftretenden Kurzschlüssen richtig, obwohl dann nur eine kleine Restspannung zwischen den betreffenden Leitern bestehen bleibt.

Die Ansprechzeiten der Rückleistungsrelais liegen bei 15fachem Nennstrom bei ungefähr 0,13 s, bei 30fachem Nennstrom bei etwa 0,08 s. Zählt man die Schaltzeit des Automaten mit 0,03 s hinzu, so wird ein oberspannungsseitiger Kurzschluß ungefähr in 0,11 bis 0,16 s abgeschaltet. Diese Zeit ist aber für die Kurzschlußselektivität vollkommen ausreichend.

Die Anordnung eines besonderen Hilfskreises gestattet, die normale Ansprechempfindlichkeit der Rückleistungsrelais zu erhöhen. Dies ist durch einfaches Umlegen von Laschen möglich, wobei die Relaissysteme bereits auf den Leerlaufstrom des Transformators ansprechen. Dieses Verfahren ist betriebssicher und gestattet, mit normalen Induktionsgliedern auszukommen. Im Gegensatz hierzu verwendet die ausländische Praxis ein zusätzliches Maximalrelais, wodurch der Zusammenbau und die Schaltung schwieriger werden.

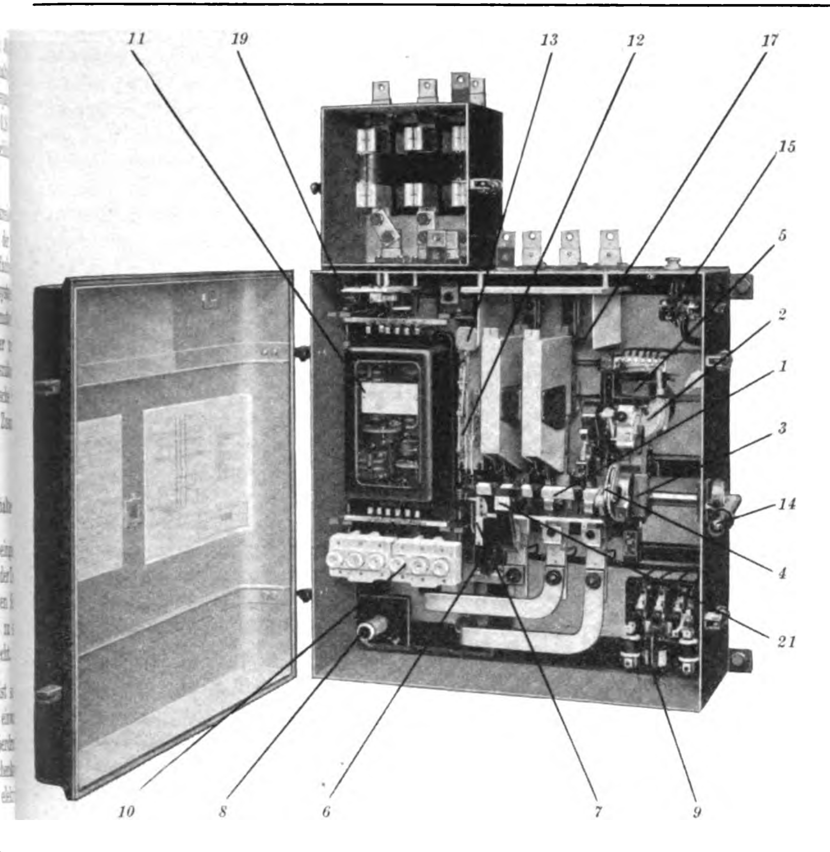
Weitere Einzelteile der Maschennetzschalter

Auch die in den Maschennetzgeräten eingebauten Selbstschalter entsprechen dem neusten Stand der Technik. Diese mit Silber-Klotzkontakten ausgerüsteten Schalter werden den hinsichtlich der Überlastbarkeit zu stellenden hohen Anforderungen voll und ganz gerecht.

Auch die Schaltleistung dieser Geräte ist so groß, daß alle auftretenden Kurzschlußströme einwandfrei unterbrochen werden. Die eingebauten Silberdruckkontakte werden durch Abreißkontakte und Zwischenkontakte weitgehend vor Beschädigungen durch den elektrischen Lichtbogen geschützt (s. Bild 4).

Als einziges Auslöseorgan besitzen die Schalter Arbeitsstromauslöser. Der Hauptvorteil dieser Arbeitsstromauslöser gegenüber der Ruhestromauslösung besteht darin, daß die Maschennetzschalter bei einer Spannungsabsenkung oder aber auch bei einem völligen Ausbleiben der Netzspannung eingeschaltet bleiben. Bei Wiederkehr der Spannung können ohne irgendwelche Verzögerung alle Netzspeisepunkte Leistung in das Maschennetz liefern. Dies ist bei Ausführung der Geräte mit Spannungsrückgangsschutz nicht möglich, da beim Spannungsabfall ein sofortiges Auslösen aller Schalter eintreten würde. Die besonderen Netzbedingungen verlangen lediglich, daß die Arbeitsweise des Arbeitsstromauslösers sowohl bei einer etwas erhöhten Spannung als auch bei einem Zusammensinken der Spannung auf etwa 10 % noch einwandfrei verläuft. Der letzte Fall kann dann eintreten, wenn z. B. im Transformator ein Kurzschluß vorhanden ist und die Spannung als Folge hiervon auf einen kleinen Restbetrag zusammenbricht.

Schnellauslöser sind hierbei nicht vorgesehen, weil die Schalter bei einem Überstrom in Richtung zum Niederspannungsnetz aus Selektivitätsgründen überhaupt nicht abschalten sollen. Ein Überlastungsschutz durch Bimetallauslöser ist mit Rücksicht auf eine Selektivität zu Hochvoltsicherungen und auch, weil mit diesem Überstromrelais eine vollständige Ausnutzung der Transformatoren doch nicht erreichbar ist, nicht von Vorteil. Ein Abschalten ist nicht zu empfehlen, weil bei Ausfall von einer oder mehreren Stationen die übrigen Netzspeisepunkte die für diese anfallende Zusatzlast übernehmen müssen und dann ebenfalls abgetrennt werden können. Thermostat und Buchholzschutz übernehmen diesen Schutz in sicherer Weise. Steht eine Hilfsstromquelle nicht zur Verfügung, wie es beispielsweise in weitverzweigten Stadtnetzen der Fall ist, so muß die Betriebsspannung für das selbsttätige Wiedereinschalten herangezogen werden. Ein Wechselstrom-Einschaltmagnet ist in diesem Falle nicht so sehr von Vorteil, so daß die Ausführung mit Drehstrom-Schaltmotor vorzusehen ist. In Industrie- und Verwaltungsanlagen kann man meist eine unabhängige Hilfsstromquelle heranziehen oder aber auf das selbsttätige Wiedereinschalten verzichten. Bei Vorhandensein einer



1 Selbstschalter
2 Motorantrieb
3 Druckfeder
4 Freiauslöseschloß
5 elektrische Bandbremse
6 Arbeitsstromauslöser
7 Auslöse-Arbeitsspeicher
8 Widerstand für die Spule des Auslösemagneten
9 Schaltschütz
10 Sicherungen
11 Richtungsrelais
12 Hilfskontakte
13 Verzögerungswerk für den Hilfskontakt zum Abschalten des Schaltschützes
14 Handgriff
15 Ausschalter für Hilfsstromkreise
17 Stromwandler für Stromspulen des Richtungsrelais
19 Einschaltzählwerk
21 Schaltstellungsanzeiger

Bild 4. Maschennetzschalter für 600 A mit aufgebautem Sicherungskasten, geöffnet. Anschlüsse für Umspanner und Netz oben.

unabhängigen Hilfsspannung kann das Wiedereinschalten auch durch Einschaltmagnete oder, wenn eine Druckluftanlage zur Verfügung steht, mit Druckluftantrieb vorgenommen werden.

Aufbau von Maschennetz-Schalterstationen

Für vollständige Maschennetz-Schalterstationen sind nachstehende Teile erforderlich:

1. Selbstschalter mit Arbeitsauslöser, der bei 10 bis 110 % der Nennspannung mit Sicherheit anspricht. Der Schalter ist für selbsttätiges Wiedereinschalten mit Schaltmotor bzw. einem anderen Schaltorgan versehen. Erforderlich sind in diesem Falle auch Hilfskontakte, von denen einer im letzten Augenblick der Einschaltbewegung schließt, so daß das Wiedereinschalten erst nach etwa 3 bis 4 s stattfinden kann.
2. Dreiphasige Rückleistungsrelais, wozu auch 3 Stromwandler gehören, mit spannungsabhängiger Kennlinie derart, daß bei sinkender Spannung die Empfindlichkeit steigt, wodurch ein sicheres Auslösen auch bei Kurzschlüssen mit fast vollständig zusammenbrechender Spannung gewährleistet ist.
3. Dreipolige Schaltschütze, deren Zugspulen auf der Umspannerseite liegen und die selbsttätiges Wiedereinschalten bewirken, wenn die Spannung 85 % ihres Sollwertes erreicht hat.

Diese Teile werden ergänzt durch Sicherungen, Prüfdruckknopf, Zählwerk und einen 6poligen Schalter zum Abschalten der Automatik.

Der Zusammenbau dieser für eine Maschennetzstation erforderlichen Teile geschieht, wie Bild 4 zeigt, in einem spritzwassersicheren Gehäuse. Für den Fall, daß es sich um ausgesprochen trockene Räume handelt, kann der Maschennetzschalter auch in offener Ausführung (Bild 5) auf einen Grundrahmen montiert in die Station eingebaut werden. Eine noch größere Freizügigkeit hinsichtlich des Einbaues ist auch dann möglich, wenn die Schaltung in der Station selbst vorgenommen wird und die Geräte je nach den örtlichen Verhältnissen auf ein besonderes Gerüst gebaut werden.

Schaltung und Wirkungsweise des Maschennetzschalters

Die Wirkungsweise des Maschennetzschalters ist entsprechend der Schaltung Bild 6 so, daß bei Vorhandensein der Netzspannung in Höhe von 85 % der Betriebsspannung das Schaltschütz seine Kontakte schließt und über den Einschaltmotor die Schaltung einleitet. Bei Auftreten der Rückleistung wird der Arbeitsstromauslöser über das Rückleistungsrelais erregt und löst den Schalter

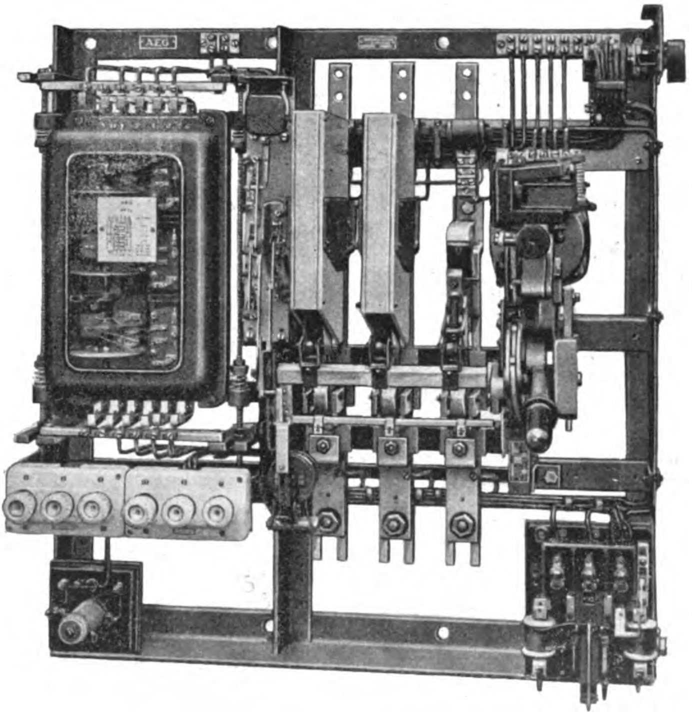
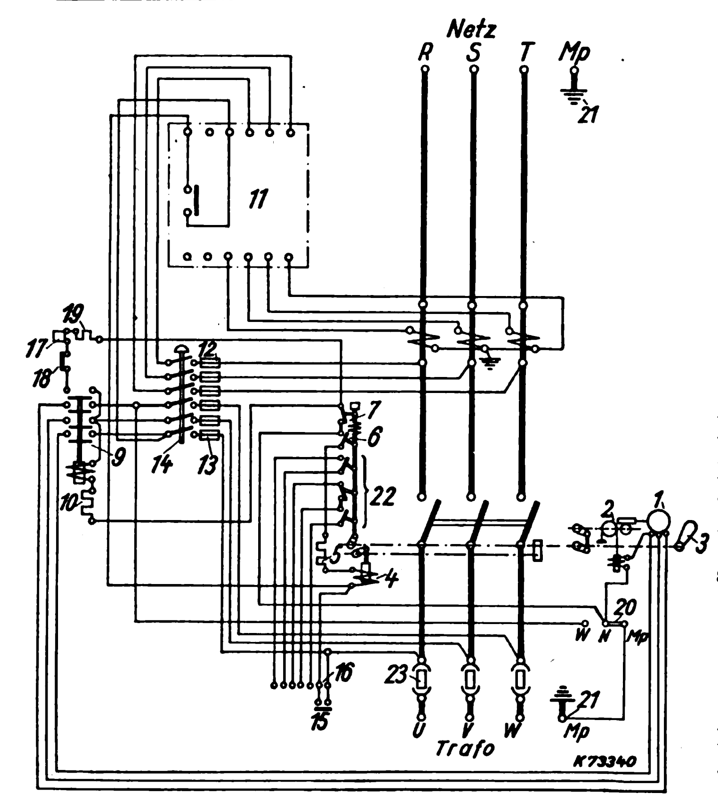


Bild 5. Maschennetzschalter für 600 A, offene Ausführung. Geräte auf Grundrahmen fest montiert und geschaltet.



1 Motorantrieb
2 Bremslüfter
3 Handschalthebel
4 Auslösemagnet
5 Vorwiderstand
6 Hilfskontakt für den Auslösestromkreis
7 Hilfskontakt öffnet erst im letzten Moment, kurz bevor die Hauptkontakte geschlossen werden, und schließt mit Verzögerung
9 Schaltschütz
10 Vorwiderstand
11 Richtungsrelais (ohne Prüfeinrichtung)
12 Sicherungen 6 A
13 Sicherungen 20 A
14 Paketschalter „Automatik-Aus"
15 Ausschalt-Druckknopf
16 Klemmen für Fernausschaltung
17 Zählwerk
18 Türkontakt, nur geschlossen, wenn Kastendeckel geschlossen
19 Vorwiderstand
20 umlegbare Lasche
Bei Netzspannung 220 V muß Lasche zwischen W—N liegen
Bei Netzspannung 380 V muß Lasche zwischen N—M_p liegen
21 Nulleiter-Klemme geerdet (mit Kasten verschweißt)
22 drei Hilfskontakte zur freien Verwendung
23 Trennsicherungen 600 A

Bild 6. Schaltbild des Maschennetzschalters für 600 A, 220/380 V.

aus. Erreicht die Spannung nunmehr wiederum den vorgenannten Wert von 85 % der Betriebsspannung, so beginnt der Schaltvorgang von neuem.

Die Einschaltzeit beträgt etwa 0,3 s bei normaler Spannung. Bei Schaltmotorantrieben genügt ein wesentlich kürzerer Spannungsimpuls, um das Einschalten sicherzustellen. Der Antriebsmotor ist für ein hohes Anlaufdrehmoment bemessen, so daß die Schwungmasse des Motors bereits nach etwa $^1/_{10}$ s so weit beschleunigt ist, daß ihre kinetische Energie zum endgültigen Verklinken des Schalters ausreicht. Selbst wenn im Augenblick der Kontaktberührung am Schalter beim Schalten auf einen bestehenden Kurzschluß die Spannung zusammenbricht, reicht die kinetische Energie der Schwungmasse noch aus, um das Einschalten sicher durchzuführen.

Die Abschaltzeiten bei Rückleistung setzen sich aus der Relaiszeit und der Schalterzeit zusammen, die vom Schließen der Relaiskontakte bis zum Löschen des Lichtbogens gerechnet wird. Während die Schalterzeit als praktisch konstant angesehen werden muß, ist die Relaiszeit von der auftretenden Rückleistung und von der Einstellung des Ansprechstromes abhängig. Die Gesamtabschaltzeit wird in der Hauptsache durch die Relaiszeit bestimmt.

In jüngster Zeit werden auch Sicherungen mit besonderem durch Rückleistungsrelais ausgelöstem Zündsatz verwendet, die als gesteuerte Sicherungen bekannt geworden sind. Diesen Sicherungen gegenüber hat das Schaltgerät den Vorteil, daß es Fernschaltung zuläßt und von Hand oder vollselbsttätig die sofortige Betriebsbereitschaft wiederherstellt; denn gleichgültig, ob es sich um eine Maschennetz- oder um eine gesteuerte Sicherung handelt, werden diese nach einmaligem Ansprechen zerstört. Die Sicherung scheidet also für eine größere Zahl von Abschaltungen aus. Auch die Schaltleistung der Geräte genügt den heutigen hohen Anforderungen. Die Maschennetz-Selbstschalter werden in so genauer und zuverlässiger Form hergestellt, daß trotz robuster und mechanisch unempfindlicher Ausführung eine hohe Zuverlässigkeit in der Wirkungsweise erreicht wird. Die Wartung der neuzeitlichen Selbstschalter mit Silberklotzkontakten macht nur einen geringen Arbeitsaufwand erforderlich. Besonders wird auch der Vorteil der sofortigen Betriebsbereitschaft, der für große Stadtnetze mit Industriebetrieben unbedingt zu fordern ist, durch die steigende Verwendung dieser Geräte anerkannt.

Zusammenfassung

Die Entwicklung gab der Auffassung recht, daß eine genügende Sicherheit besteht und ein ruhigerer Betrieb erreicht wird, wenn die Wiedereinschaltung nur in Abhängigkeit von der absoluten Höhe der Netzspannung vorgenommen wird. Eine Maschennetzschalterbauart wird beschrieben, die in thermischer und dynamischer Hinsicht allen Anforderungen gerecht wird. Konstruktiv sind diese Geräte so durchgebildet, daß sie mit genügender Elastizität auch den Anforderungen in räumlicher und montagetechnischer Hinsicht zu entsprechen vermögen und eine größtmögliche Freizügigkeit in der Gestaltung der Anlagen zulassen; denn die Entwicklung der Niederspannungsmaschennetzschalter schloß nicht mit den Erfolgen der letzten Jahre ab, sondern paßte sich elastisch den Anforderungen der Praxis an.

Sichtbare Gleichstromvorgänge bei Kunstharzen[1])

621.315.616.96

Um den elektrischen Leitungsmechanismus in Kunststoffen besser zu verstehen, wurde nach sichtbaren Stoffänderungen unter dem Einfluß von Gleichstrom gesucht. Als Probenwerkstoff war Gießharz wegen seiner klaren Durchsichtigkeit und seines verhältnismäßig hohen Leitvermögens besonders geeignet; als Elektrodenstoff wurde zunächst kolloidales Silber benutzt. Nach Anschluß einer Spannung von rund 1 kV bei 5 bis 20 mm Elektrodenabstand zeigte sich bald ein Bräunen der Anode, das nach einigen Stunden zu einem tiefdunklen, mehrere Millimeter dicken Belag anwuchs. Die Kathode änderte ihr Aussehen dabei nur wenig. Betrachtet man das gleiche Probestück bei durchfallendem polarisiertem Licht, dann bemerkt man an der Kathode eine Häufung von mechanischen Spannungslinien, an der Anode ein Auslöschen der wenigen inneren Spannungen, die die Probenbearbeitung hervorrief. Legt man an die Elektroden eine Spannung knapp unter der Höhe der Durchschlagsspannung, so zeichnet sich durch Bräunen (infolge Weiterkondensation des Gießharzes durch die Stromwärme) die Strombahn als festbegrenztes, zylinderförmiges Gebiet zwischen den Elektroden ab. Ein Ausbreiten des Stromes entsprechend dem theoretischen Feldverlauf kommt nicht zustande. Das Gebiet der bevorzugten Stromleitung wurde mikroskopisch untersucht, ohne daß wesentliche Einzelheiten zu erkennen waren.

Bei anderen Elektrodenstoffen treten zum Teil andere Erscheinungen in der Probe auf; z. B. führen Graphitelektroden in Gießharz zu feinen hellgrünen Verästelungen, die von der Anode ausgehen; an der Kathode quellen vielfache Bläschen hervor. Am Zusammenstoß der anodischen und kathodischen Ausweitungen bildet sich eine braune Querfläche, die auf örtlich erhöhten Widerstand schließen läßt. *Sb.*

---

[1]) R. Vieweg u. H. Klingelhöffer, Kunststoffe 31 (1941) S. 49; 3 S., 8 B.

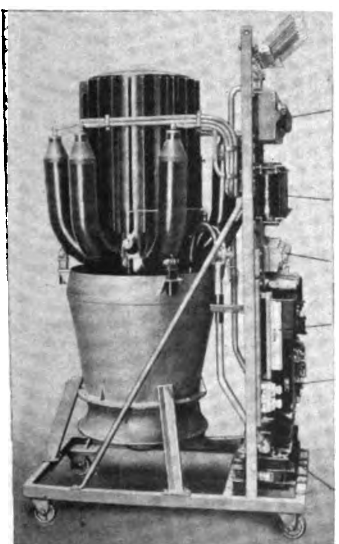
RUNDSCHAU

Geräte und Stromrichter

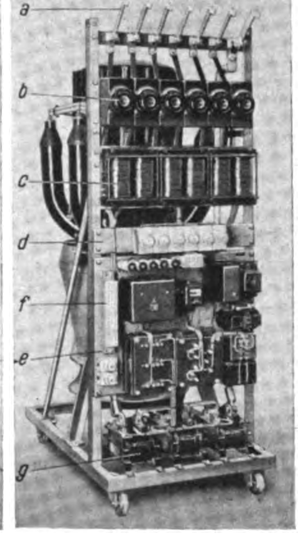
DK 621.314.65

Stromrichterwagen als neuartiges Bauelement für Stromrichteranlagen mittlerer Leistung. [Nach H. v. Bertele und G. Henselmeyer, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 546; 6 S., 11 B.]

Stromrichtergefäße größerer Einheiten aus Glas bereiten bei der Herstellung Schwierigkeiten und erfordern wegen ihrer Empfindlichkeit einen geschützten Einbau. Seitdem immer mehr die mechanisch und elektrisch unempfindlicheren, pumpenlosen Eisengefäße angewendet werden, war es möglich, die Gefäße ohne Verkleidung mit den erforderlichen Hilfsbetrieben zu einem Anlagenbauelement höherer Ordnung zusammenzubauen. Zum Betrieb eines Stromrichtergefäßes sind unabhängig davon, wofür dieser Stromrichter später eingesetzt wird, eine bestimmte Anzahl von Geräten für Zünden, Erregen und Lüften, Anodensicherungen und beim Parallelbetrieb mehrerer Gefäße an einem Transformator Anodendrosselspulen notwendig. Diese Geräte sind mit dem Gefäß und der Luftführung, die infolge ihrer konstruktiven Ausbildung die Kühlung mit geringer Lüfterleistung und wenig Geräusch ermöglicht, auf einem fahrbaren Gestell einheitlich zu dem Stromrichterwagen (Bild 1) zusammengefaßt. Alle Geräte sind entsprechend der Schaltung auf einer Schaltfront so angeordnet, daß sich ein klarer elektrischer Aufbau mit kurzen Verbindungsleitungen und eine gute Ausnutzung der mechanischen Bauteile ergibt, die mit 85% angegeben wird. Durch diese Gesamtanordnung konnte der Wagen mit einer geringen Breite gebaut werden, bei dem außerdem alle gelegentlich zu überwachenden Teile so angeordnet sind, daß der Wagen betriebsmäßig nur von einer Seite zugänglich zu sein braucht. Für ein einfaches Abtrennen der Hauptkreise sind erstmalig Trennmesser aufgebaut, bei denen der Drehpunkt auf dem Wagen und die Gegenkontakte fest im Raum vorgesehen sind. Nach den gleichen Konstruktionsprinzipien wurde auch ein Regelwagen entwickelt, der eine straffe Zusammenfassung aller für die Anodenspannungsregelung notwendigen Geräte darstellt. Stehen zur Aufstellung der beiden Bauelemente besondere Räume nicht zur Verfügung, dann können sie in Stromrichterzellen aus Stahlblech geschoben werden, die auch noch den Einbau verschiedener, die Stromrichteranlage vervollständigenden Geräte und Leitungen erlauben. Auf diese Weise wird die Möglichkeit geboten, mit dem Stromrichterwagen Anlagen für verschiedene Zwecke zu errichten, ohne in die Schaltung oder den Aufbau der Stromrichtereinheit einzugreifen. Sowohl für die Projektierung der Anlagen als auch für das Stromrichterwerk ist das ein großer Vorteil, da die Projektierung freizügiger wird und anderseits das Werk jetzt auch auf diesem Gebiet Normalkonstruktionen in größeren Stückzahlen anfertigen kann.
Sb.



Ansicht von der Seite



Ansicht von vorn

a Anoden-, Kathodentrennmesser
b Anodensicherungen
c Anodendrosselspulen
d Störschutz
e Zünd- und Erregersatz
f Hilfsklemmen
g Lüfterdrosselspulen

Bild 1. Stromrichterwagen.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.315.618

Über die Möglichkeit des Ersatzes der Ölisolation in Hochspannungsanlagen durch Gase oder Gemische von Gasen und Dämpfen. [Nach A. Drigo und G. A. Drigo, Energia elettr. 17 (1940) S. 676; 6½ S., 10 B.]

Die Verfasser geben einen zusammenfassenden Überblick über die in den letzten Jahren in verschiedenen Laboratorien ausgeführten Untersuchungen über die Erhöhung der elektrischen Festigkeit der Luft durch Beimischung von gewissen Dämpfen bei gleichzeitiger Anwendung von Überdrucken bis zu rd. 10 atü. Zum Vergleich sei zunächst erwähnt, daß die Durchbruchsfeldstärke von atmosphärischer Luft unter normalen Druck- und Temperaturbedingungen rd. 30 kV beträgt, die von festen Isolierstoffen rd. 500 bis 1000 kV, die von flüssigen Isolierölen rd. 50 bis 100 kV. Von älteren Untersuchungen behandeln die Verfasser die Arbeiten von Natterer (1889), Orgler (1900), Ritter (1904), Wright (1917), von neueren Untersuchungen die von Terada, Nakaya und Yamamoto (1929), Nakaya und Yamasaki (1936), Joliet, Feldenkrais und Lazard (1936), Rodine und Herb (1937), Charlton und Cooper (1937), Hudson, Hoisington und Royt (1937), Pollock und Cooper (1939), Bouwers (1939), Charlton, Westendorp, Dempster und Hotaling (1939) und Herb, Parkinson, Kerst und Mc Kibben (1937 und 1938). Die Untersuchungen der genannten Autoren haben ergeben, daß durch Druckerhöhung die elektrische Durchschlagfestigkeit der Luft auf das rd. 10fache der normalen heraufgesetzt werden kann (bei Anwendung eines Überdruckes von rd. 14 atü). Ferner wird die elektrische Durchschlagfestigkeit sowohl bei normalem Druck wie bei Überdruck stark heraufgesetzt bei Zusatz von Dämpfen gewisser organischer Halogenverbindungen, wie vor allem CCl_4 und CCl_2F_2. Besonders die letztere Verbindung, die in Amerika auch unter dem technischen Namen Freon bekannt ist, ist als Zusatzgas sehr geeignet. CCl_2F_2 erhöht so die Durchschlagfestigkeit von Stickstoff unter Atmosphärendruck um rd. das 2 fache, bei einem Überdruck von 14 atü sogar um das rd. 25 fache gegenüber der normalen Durchschlagfestigkeit des Stickstoffs unter Atmosphärendruck. Bei Zusatz von CCl_4 erhält man nur eine Festigkeitserhöhung um etwa den halben Betrag des Wertes bei CCl_2F_2. Dabei hat CCl_2F_2 noch den Vorteil, daß es bei normaler Temperatur ein farbloses und geruchloses, elektrisch und chemisch unempfindliches Gas ist (Siedepunkt — 28° C). Nur die Berührung mit offenen Flammen muß vermieden werden, da in diesem Fall Phosgen gebildet wird. Ein ähnlicher Einfluß zeigt sich auch auf die Koronaentladung, jedoch sind hier die Erscheinungen komplizierter und zudem von der Polung des aus Spitze und Platte bestehenden Sprühelektrodenpaares abhängig. Die in Rede stehenden günstigen Isoliereigenschaften von Luft-Freongemischen unter höherem Druck sind in den letzten Jahren verschiedentlich bei Höchstspannungsanlagen technisch nutzbar gemacht worden. So ist seit 1939 im Memorial Hospital in New York eine Röntgenanlage für 1200 kV in Betrieb, deren Transformator eine unter 4 atü Druck stehende Freon-Luftmischung als Isoliermittel verwendet. Sowohl bei Ölfüllung wie bei Füllung mit reiner atmosphärischer Luft unter 20 atü Druck konnten in dem verwendeten Transformator nicht die guten Isoliereigenschaften des oben genannten CCl_2F_2-Luftgemisches von 4 atü Druck erreicht werden. Ferner wurde für kernphysikalische Untersuchungen von Herb, Kerst und

Parkinson in Wisconsin (V. S. Amerika) eine in einen großen mit einer CCl_2F_2-Luftmischung von 8 atü gefüllten Metalltank eingebaute, aus einem van de Graaffschen elektrostatischen Höchstspannungsgenerator, einer Niedervoltbogenionenquelle und einem Ionennachbeschleunigungsrohr des Tuve-Hafstadschen Kaskadentyps bestehende Anlage zur Erzeugung von 2,4-MeV-Protonen und -Deuteronen konstruiert, die seitdem bereits für zahlreiche Untersuchungen über Atomkernumwandlungen erfolgreich verwendet werden konnte. Ohne Anwendung von Überdruck und CCl_2F_2-Zusatz kann mit dem genannten Generator, wie als Beweis für die große Leistungssteigerung des kombinierten Überdruck- und Dampfzusatzsystems angeführt sei, nur eine Maximalspannung von 500 kV erreicht werden. Ferner ist vor kurzem auch im Carnegieinstitut in Washington eine ähnliche Anlage errichtet worden, die einen kugelförmigen Drucktank von 17 m Dmr. besitzt und Überdrucke von 6 atü anzuwenden gestattet. Über die Leistungsfähigkeit dieser letztgenannten Anlage ist näheres noch nicht bekannt. *Bmk.*

DK 621.316.925.993

Widerstand von Staberdern bei Stoß- und Wechselstrom. [Nach P. L. Bellaschi, Electr. Engng. 60 (1941) Transactions S. 123; 5½ S., 5 B.]

Versuche mit Stoßströmen geben Aufschluß über die Veränderung des Erdwiderstandes von vier Staberdern von 25 mm Durchmesser, von denen je zwei bis zu einer Tiefe von 2,75 bzw. 2,28 m in das Erdreich hineingetrieben waren, in Abhängigkeit von der Größe der Stoßströme. Der Erdboden besteht aus Ton und Lehm, gemischt mit Sand und Kies; in etwa 0,9 m Tiefe tritt Wasser auf. Vor den Versuchen befanden sich die Erder bereits sieben Jahre im Erdboden; Korrosion wurde bei einer Nachuntersuchung nicht festgestellt. Als Gegenerde bei den Stoßversuchen diente die Erdung der Stoßanlage, deren Widerstand nicht angegeben ist, der aber weit unter dem der Versuchserder liegen dürfte. Die Versuche wurden mit Stoßströmen bis etwa 8000 A bei einer Form der Stoßwelle von 6|13 und 12|50 µs an den einzelnen Erdern wie auch in Parallelschaltung durchgeführt. Aus der Messung des Stromes über den Spannungsabfall an einem Widerstand in der Erdleitung der Stoßanlage und der Spannung am Erder wurde der jeweilige Widerstand errechnet. Bei 60 periodigem Wechselstrom von 1 bis 5 A lagen die Widerstände der einzelnen Erder in der Größe von 36 bis 43 Ω. Schon bei diesen kleinen Strömen trat mit zunehmendem Strom und damit bei größer werdender Spannung am Erder ein geringes Absinken des Widerstandes auf. Bei Stoßströmen von 1000, 2500, 5000 und 10 000 A (Scheitelwert) sanken die Widerstände auf etwa das 0,85-, 0,75-, 0,65- und 0,55fache der mit Wechselstrom gemessenen Werte herab. Bei noch weiter steigenden Strömen dürfte sich aus der Extrapolation der Kurve das Verhältnis des Widerstandswertes etwa 0,50 nähern. Die Berechnung des Widerstandes während des Verlaufes des Stoßstromes zeigte beim Ansteigen des Stromes ein gleiches Abfallen des Widerstandes. Nach Überschreiten des Scheitelwertes fällt der Widerstand zunächst noch um einen geringen Betrag weiter, um dann mit weiter abnehmendem Strom wieder anzusteigen. Nur während der ersten µs des Stoßstromes konnte der Widerstand wegen der im Oszillogramm enthaltenen Schwingungen nicht ermittelt werden. Für den Verlauf des Widerstandes ergab sich somit eine Schleife. In Parallelschaltung zeigten die Erder ein gleiches Verhalten. Bei Versuchen an dem einen Erder traten bei höheren Spannungen Überschläge zu einem Eisenzaun in 2,6 m Entfernung innerhalb einer Schlackenschüttung auf der Erdoberfläche auf. Das Absinken des Widerstandes mit zunehmendem Strom wird auf das Bilden gut leitender Wege infolge von Durchschlägen im Erdboden zurückgeführt. Da die Stirnzeit der verwendeten Stoßwellen verhältnismäßig groß und die räumliche Ausdehnung der Erder klein war, konnte deren Induktivität vernachlässigt werden. Wie weitere Messungen an anderen Stellen zeigten, ist das Absinken des Widerstandes von der Art des Erders und der Zusammensetzung des Erdbodens abhängig. Auf die weit wichtigere Frage, wieweit der wirksame Ausbreitungswiderstand räumlich ausgedehnter Erder (Tiefenrohrerder, Strahlenerder) bei steileren Stromanstiegen im ersten Augenblick ansteigen kann, wird nicht eingegangen. Dieser Fall dürfte bei Blitzeinschlägen in Freileitungen von besonderer Bedeutung sein[1]). *Btz.*

[1]) H. Baatz, Über den wirksamen Widerstand von Erdern bei Stoßbeanspruchung. ETZ 59 (1938) S. 1263.

Elektrische Maschinen

DK 621.313.1

Traglager elektrischer Maschinen mit senkrechter Welle unter besonderer Berücksichtigung der Segmentspurlager. [Nach H. Oschanitzky, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 58 (1940) S. 518; 10½ S., 14 B.]

Bei den Traglagern von elektrischen Maschinen mit senkrechter Welle werden heute in weitem Umfange neben Gleitlagern Wälzlager verwendet. Als Vorteile der Wälzlager werden genannt: geringes Lagerspiel, geringe Abnutzung, Anspruchslosigkeit in der Wartung, kleinere Gewichte, gute Abdichtmöglichkeit. Der oft hervorgehobene Vorteil einer geringen Reibungszahl der Wälzlager ist nur bei Maschinen mit großer Schalthäufigkeit von Bedeutung. Der höhere Preis der Wälzlager und die erforderliche sorgfältigere Werkstattarbeit für den Lagereinbau werden in ihrem Hauptverwendungsbereich durch die genannten Vorteile bei weitem ausgeglichen. Die Stoßempfindlichkeit der Wälzlager bei Stillstand und die größeren Lagergeräusche können ihr Verwenden in manchen Fällen ausschließen. Einen bestimmten Verwendungsbereich für Wälzlager gibt es nicht, z. B. sind Wälzlager als Traglager für 2500 kg Längslast und n = 600 U/min und für 3500 kg bei n = 750 U/min verwendet worden.

Benutzt werden bei den kleinen Drehzahlen Längskugellager und Kegelrollenlager, bei den höheren Drehzahlen Hochschulterkugellager, Pendelrollenlager und neuerdings ein neuentwickeltes Längspendelrollenlager, das nach den bisherigen Versuchen auch bei großen Längsdrücken und höheren Drehzahlen eine genügend hohe Lebensdauer aufweist. Dieses Lager scheint geeignet, den Verwendungsbereich der Wälzlager bei elektrischen Maschinen mit senkrechter Welle erheblich zu erweitern. Verschiedene Beispiele zeigen interessante Lösungen des Einbaus und der Schmierung von Wälzlagern bei senkrechten elektrischen Maschinen.

Bei größeren Längsbelastungen werden ausschließlich Gleitspurlager verwendet, die besonders in den letzten Jahren zu einer beachtlichen Höhe entwickelt wurden. Vom Spurzapfenlager über das Ringspurlager führt die Entwicklung zum neuzeitlichen Segmentspurlager. Wesentlich beeinflußt wurde diese Entwicklung durch die Erkenntnisse von O. Reynolds, daß zwischen zwei aufeinander gleitenden geschmierten Flächen ohne Zuführen von Drucköl eine tragfähige Schmierschicht erzeugt werden kann, wenn das Schmiermittel eine ausreichende Zähigkeit hat und die Gleitflächen einen keilförmigen, sich in der Drehrichtung verjüngenden Spalt bilden. Auf der praktischen Auswertung dieser Erkenntnisse beruhen alle Segmentspurlager, indem beim Ringspurlager der eine Ring in eine Anzahl Segmente unterteilt wurde, die mit dem zweiten glatten Ring keilförmige Zwischenräume bilden. Infolge seiner Haftfähigkeit wird das Öl von der umlaufenden Gleitfläche mitgenommen und in den sich verjüngenden Spalt hineingezogen. Durch die Keilwirkung und die Haltekraft der Ölteilchen untereinander entsteht in der Schmierschicht eine Drucksteigerung, die bei genügender Gleitgeschwindigkeit dazu ausreichen kann, die Gleitflächen voneinander abzuheben und metallisches Berühren zu vermeiden. Man kann bei den neueren Segmentspurlagern zwei Arten unterscheiden:

1. Lager mit einteiligem Tragring, der durch radiale Nuten in einzelne Segmente unterteilt ist, von denen jedes mit einer bestimmten Keilsteigung derart versehen wird, daß eine geneigte und eine waagerechte Tragfläche entsteht. Die schräge Fläche bildet mit dem Laufring den keilförmigen Spalt und dient der Drucksteigerung, die waagerechte ist erforderlich, um beim An- und Auslauf der Maschine, also bei kleinen Umfangsgeschwindigkeiten, wenn noch kein tragender Ölfilm gebildet ist, die Flächenpressung in zulässigen Grenzen zu halten. Durch Beachten der theoretischen Untersuchungen der Reibungsverhältnisse beim Ausbilden der Gleitflächen sind Lager dieser Art für beachtliche Längsdrücke gebaut worden.

2. Lager mit einzelnen Kippsegmenten, bei denen nach Michell die ruhende Druckfläche in einzelne, voneinander unabhängige Tragsegmente (Klötze) unterteilt wird. Die Tragsegmente sind so gelagert, daß sie eine leichte Kippbewegung im Sinne einer Ölkeilbildung ausüben können. Dadurch wird die gleiche Keilwirkung wie bei dem oben beschriebenen Lager erzielt, jedoch mit dem Unterschied, daß sich die Keilflächensteigung den Belastungsschwankungen bzw. der jeweiligen Gleitgeschwindigkeit anpassen kann, und daß sich so kleine Keilsteigungen einstellen können, wie sie durch Einarbeiten nie erreicht werden können. Als günstigster Wert für die Außermittigkeit des Auflagepunktes vom Tragsegment wird 0,4 l, von der Ablaufkante gerechnet, genannt; das beste Seitenverhältnis

für die größte Belastbarkeit der Tragfläche ist $l/b = 0{,}6$. Hierbei bedeutet l die Lagerlänge.

Die verschiedenen Verfahren zum Abführen der Lagerwärme werden beschrieben, z. B. Kühlschlangen im Traglagergehäuse, Ölumlaufschmierung mit getrennt aufgestelltem Ölfilterkühler u. a. m.

Ausgewählte Beispiele neuzeitlicher Segmentspurlager zeigen verschiedene interessante Lösungen zur Unterstützung der Tragsegmente. Erwähnt sei hier nur das Traglager für die Sungari-Generatoren[1]) für 1160 t Belastung, bei dem die Tragsegmente auf Spiralfedern gelagert sind. *K. Bt.*

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.75 : 537.228.4

Kerreffekt-Oszillograph mit Zwei-Koordinatenablenkung. [Nach F. Eder, Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 203; 5 S., 9 B.]

Der Verfasser untersucht, ob sich der Kerreffekt mit seiner kleinen Relaxationszeit von 10^{-10} s zur Sichtbarmachung sehr schneller Schwingungsvorgänge eignet. Dazu ist eine Beeinflussung des Lichtstrahls in zwei zueinander senkrechten Richtungen erforderlich, die grundsätzlich nach Bild 2 durchzuführen ist.

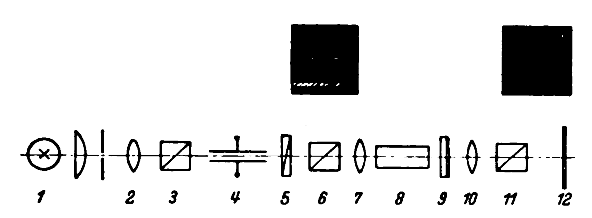


Bild 2. Kerreffekt-Oszillograph mit Zwei-Koordinatenablenkung.

Eine Bogenlampe *1* erzeugt mit Kondensor, Lochblende und Objektiv *2* ein paralleles Lichtbündel. Dieses durchsetzt das Nikolprisma *3* und die Kerrzelle *4*, deren Feldrichtung einen Winkel von 45° mit der Lichtdurchlaßebene von *3* einschließt. Durch den Babinetkompensator *5* entstehen Interferenzstreifen, die durch das zu *3* parallele Nikol *6* polarisiert werden. Diese Streifen bestehen aus einem scharfen weißen Nullstreifen und verwaschenen farbigen Interferenzstreifen höherer Ordnung. Sie werden vom Objektiv *7* durch die zweite Kerrzelle *8* hindurch auf den zweiten Babinetkompensator *9* abgebildet. *8* und *9* sind gegen *4* und *5* um 90° gedreht. Daher werden die Streifen in eine Anzahl heller Punkte zerlegt, von denen der Punkt nullter Ordnung scharf und ungefärbt erscheint. Sie werden durch Objektiv *10* und Nikol *11* auf die Mattscheibe *12* der Aufnahmekamera abgebildet. Liegt an den Kerrzellen *4* und *8* eine elektrische Spannung, so erfolgt die Kompensation der Phasenverschiebung bei einer anderen Lage des Nullstreifens und des Punktes nullter Ordnung. Da die Phasenverschiebung quadratisch von der Feldstärke abhängt, ist eine Vorspannung der Kerrzellen notwendig. Damit diese keine Verschiebung des Schreibpunktes hervorruft, werden die Kerrzellen in zwei gleiche Ablenkkondensatoren aufgeteilt, deren Feldrichtungen zueinander senkrecht stehen. Wichtig ist, daß die photographische Schicht eine steile Schwärzungskurve besitzt und daß die Belichtungszeit richtig gewählt wird, damit eine ausreichende Strichschärfe erzielt wird. Im günstigsten Fall läßt sich ein Punktdurchmesser von $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ des Streifenabstandes erreichen. Die Empfindlichkeit wächst mit Erhöhung der Vorspannung und Verkleinerung des Kondensatorspaltes. Die Erhöhung der Vorspannung kann bei Benutzung von Nitrobenzol bis zu etwa 15 kV/mm getrieben werden. Die Spaltbreite wird man kaum unter 0,2 mm wählen. Dann wird schon durch die beträchtliche Kapazität der Ablenkkondensatoren der Frequenzbereich nach oben stark eingeschränkt. *Br.*

DK 621.317.382.025

Messen kleiner Wechselstromleistungen. [Nach J. Bubert, Arch. techn. Messen Lfg. 115 (1941) V 3412—1; 4 S., 14 B.]

Während sich die Leistung bei Gleichstrom in einfacher Weise durch Messen von Strom und Spannung unter Zuhilfenahme von Drehspul-Meßgeräten mit kleinem Leistungsverbrauch ermitteln läßt, muß man bei Wechselstrom die durch den Ausdruck $N = U\,I\,\cos\varphi$ gegebene Leistung nach einem der im folgenden gekennzeichneten Verfahren messen. Für den als Ausschlag-Instrument arbeitenden, direkt zeigenden Wechselstrom-Leistungsmesser kommt bei Niederfrequenz heute fast ausschließlich das elektrodynamische Meßwerk in Betracht, und zwar bei Feinleistungsmessern als eisenloses, bei Betriebsmeßgeräten als eisengeschlossenes Meßwerk. Bei der Messung kleiner Leistungen macht sich jedoch der verhältnismäßig große Leistungsverbrauch des Leistungsmessers bemerkbar, so daß man entsprechende Berichtigungen anbringen oder nötigenfalls zu anderen Verfahren greifen muß. Ist die zu messende Leistung sehr klein, z. B. nur ein Bruchteil des Leistungsverbrauches der für die Messung unbedingt nötigen üblichen Meßgeräte, wie es bei Relais, Synchronuhren, Selbstschaltern, Strom- und Spannungswicklungen bei Induktionszählern u. a. fast immer der Fall ist, so muß man jeweils nach den vorliegenden Verhältnissen (kleine Spannung oder kleiner Strom) einen Sonderleistungsmesser mit sehr kleinem Eigenverbrauch verwenden, der dann aber ein sehr kleines Drehmoment zum Einstellen des beweglichen Teiles des Meßwerkes hergibt, so daß Bandaufhängung, gegebenenfalls mit Spiegelablesung, erforderlich wird. In solchen Fällen können auch elektrostatische Meßgeräte, wie Quadranten-Elektrometer in Leistungsmesserschaltung oder thermische Leistungsmesser benutzt werden. Ist die Leistungsmessung mit normalem Leistungsmesser nicht mehr möglich, so können bei richtiger Anwendung auch das Drei-Spannungsmesserverfahren, das Drei-Strommesserverfahren oder das Kompensationsverfahren zum Ziel führen. Zum Durchführen des letztgenannten Verfahrens, bei dem der Meßschaltung für die Messung kein Strom entnommen wird, verwendet man entweder einen Phasenschieber-Kompensator oder einen komplexen Kompensator. Eine andere Möglichkeit besteht darin, als Vektormesser ein hochempfindliches Drehspulinstrument mit Schwinggleichrichter und Phasenschieber oder eine Brückenschaltung besonderer Art nach Schering zu benutzen, die sich je nach Art des Prüfgegenstandes verschieden gestalten läßt. Auf Sondergebieten haben sich entsprechende Sonderverfahren zum Messen kleiner Leistungen herausgebildet, beispielsweise für die Eisenuntersuchung zum Bestimmen der Verlustziffer mit sehr kleinen Proben das Ferrometer von S & H und das Eisenblech-Prüfgerät der AEG. *Ggr.*

Lichttechnik

DK 621.327.312

Das Verhalten von Quecksilberdampf-Hochdrucklampen bei Netzspannungsschwankungen. [Nach Jacob, Licht 11 (1941) S. 28; 2 S., 2 B.]

Tritt bei wechselstrombetriebenen Quecksilberhochdrucklampen ein Absenken der Netzspannung ein, so erlöschen die Lampen dann, wenn die zum sofortigen Wiederzünden innerhalb einer Halbwelle erforderliche Zündspannung vom Netz nicht mehr geliefert wird. Bei Betrieb an 220 V und allmählicher Spannungsabsenkung liegt der Mittelwert der Löschspannung für die verschiedenen Quecksilberhochdrucklampen bei einem Effektivwert der Netzspannung von etwa 175 V. Bei den größeren Einheiten (HgH 1000 und HgH 2000) liegen die Werte etwa 5 V höher, bei den kleinen (HgQ 300 und HgQ 500) etwa 5 V tiefer. Tritt die Spannungsabsenkung nicht langsam, sondern plötzlich auf und bleibt sie nur während weniger Halbwellen bestehen, so liegt die Grenze der Löschspannung um etwa 5 V tiefer. Die kritische Grenze für diese Betriebsbedingungen liegt also bei einer Spannungsabsenkung von etwa 20%. Schaltet man parallel zur Kombination Lampe + Drossel einen Kondensator (1 bis 8 µF), so läßt sich die Löschspannung um weitere 20 bis 25 V herabsetzen. Die Drosseleinstellung muß hierbei dem größeren Gesamtstrom infolge des parallelgeschalteten Kondensators entsprechend verändert werden. Senkungen der Netzspannung infolge von Netzstörungen, die stärker als 18% sind und demnach zum Erlöschen der Quecksilberdampflampen bei Betrieb ohne Kondensator führen, sind nach den Erfahrungen nicht häufig. Spannungsabsenkungen, die absichtlich durch die Steuerimpulse des Transkommando-Fernsteuerungsverfahrens herbeigeführt werden, beeinflussen nur die in den getasteten Phasen liegenden Lampen. Da die Absenkungen praktisch nur etwa 10 bis 20% der Phasenspannung betragen und nur 3 bis 4 Halbwellen andauern, tritt ein Erlöschen der Quecksilberdampflampen im allgemeinen nicht ein. Störanfällige Lampen können auch bei dieser Betriebsart entweder durch Anschluß an eine nichtgetastete Phase oder durch Parallelschalten eines Kondensators betrieben werden. Beim Verwenden von Mischlichtleuchten, bei denen die Glühlampe auch bei Ausfall der Quecksilberdampflampe weiterbrennt, kann auch das gelegentliche Verlöschen von einzelnen Quecksilberlampen bis zu ihrem Wiederzünden in Kauf genommen werden. *Frh.*

[1]) F. Götze, ETZ 62 (1941) H. 11, S. 289.

Elektrowärme

DK 621.365.45 : 644.1

Betriebsergebnisse der elektrischen Heizung in wärmeisolierten, regelmäßig benutzten Wohnräumen. [Nach G. Ziemer, Elektrowärme 11 (1941) S. 25; 8 S., 17 B.]

Den Vorteilen der elektrischen Heizung stehen die hohen Betriebskosten gegenüber[1]). Diese können durch Herabsetzen der Wärmeverluste mit einer geeigneten Wärmedämmung verkleinert werden, wobei eine möglichst speicherarme Anordnung zweckmäßig ist. Um Erfahrungen über den Einfluß solcher Maßnahmen zu gewinnen, wurden vom RWE in Essen entsprechend vorbereitete Wohnräume mehrere Jahre beobachtet und ausgewertet. Wände und Decken waren mit einer Alfolschicht und beiderseitigem Luftzwischenraum sowie mit Torfotektplatten abgedeckt. Die Räume besaßen Doppelfenster, wodurch der Wärmebedarf auf etwa die Hälfte herabgedrückt werden konnte. Die Heizkörper wurden mit 2 kW bemessen, waren unmittelbar beheizt und erhielten zwei getrennte Heizwicklungen, die durch zwei Regler geschaltet wurden, die auf 0,5° verschieden eingestellt waren. Dadurch arbeiteten die Heizkörper bei milderen Temperaturen nur mit der halben Heizleistung und entsprechend niederer Oberflächentemperatur und geringen Temperaturschwankungen. Der Stromverbrauch während drei Beobachtungswintern entsprach der Vorausberechnung, die eine 50- bis 60prozentige Ersparnis gegenüber unisolierten Räumen erwarten ließ. In einem Winter wurde mit achtstündiger nächtlicher Unterbrechung geheizt; das erbrachte eine Ersparnis von nur 16% gegenüber durchgehender Heizung. Längere Unterbrechung ließ sich mit Rücksicht auf die Lebensgewohnheiten der Bewohner nicht durchführen. Auf Grund der Auswertung wird eine Kennlinie zum Ermitteln der Aufheizzeit bei unterbrochenem Betrieb aufgestellt. Der spezifische Stromverbrauch betrug bei den drei verschiedenen Räumen 83 bis 100 kWh/m³, bezogen auf die Flächeneinheit der Abkühlungsfläche 0,66 kWh/m² h ° C. Die Ersparnis machte etwa 4000 bis 5000 kWh je Raum aus. Die Anlagekosten betrugen rd. 2000 RM für die drei Räume für Heizeinrichtung, Regelung und Isolierung, ohne letztere rd. 1500 RM. Die Kosten für die Isolierung wurden demnach durch die verringerte Heizleistung und die niedrigeren Installationskosten schon zu einem wesentlichen Teil aufgewogen. Deshalb wird empfohlen, von der Wärmeisolierung bei der elektrischen Heizung weitgehend Gebrauch zu machen, um für den Abnehmer tragbare Kosten zu erhalten. *Kd.*

Verkehrstechnik

DK 621.335.3

Die Bo'Bo' 50 Hz-Einphasenwechselstromlokomotive der Deutschen Reichsbahn Reihe E 244 Bauart Krupp. [Nach A. Gladigau, Elektr. Bahnen 16 (1940) S. 199; 9½ S. 16 B.]

Im Gegensatz zu früheren Aufsätzen[2]) bis [4]) über die Krupp-Lokomotive werden außer der Ergänzung technischer Einzelheiten die Einflüsse der Betriebserfahrungen auf die Konstruktion des elektrischen Teiles näher behandelt. Bekanntlich[2]) entspricht der 50 Hz-Einphasen-Induktions-Bahnmotor einem normalen Induktionsmotor, dessen Luftspalt stark erweitert ist. In diesem Luftspalt ist ein gleichstromerregter Zwischenläufer untergebracht, in dessen Nuten eine dreiphasige, aufgeschnittene Gleichstrom-Trommelwicklung liegt. Jeder der vier sechspoligen Einphasen-(Phasenspalter-)Motoren arbeitet mit je einem vierpoligen Drehstrommotor auf je eine Treibachse. Bei der Höllentallokomotive[2]) [3]) gibt es je nach der Arbeitsweise drei wirtschaftliche Geschwindigkeitsstufen: 1. Kaskadenschaltung, 2. Einphasenmotor allein und 3. Drehstrommotor allein. Bei Polumschaltung des Drehstrommotors könnte durch mehrmalige Anwendung der Kaskadenschaltung (1.) und Phasenspalterschaltung (3.) die Zahl der Geschwindigkeitsstufen noch erhöht werden. Bei Stundenlast beträgt der Schlupf etwa 4%. Angaben über Zugkraftwerte gibt Tafel 1.

Tafel 1. Zugkraftwerte.

Bei einer Geschwindigkeit von	Anfahr- bzw. Höchstzugkraft	Stundenzugkraft nach REB	Dauerzugkraft nach REB
0 bis 34 km/h	25 000 kg	19 500 kg	18 600 kg
34 „ 57 „	19 000 „	13 100 „	12 100 „
57 „ 80 „	14 000 „	8 900 „	8 500 „

Bei Verschubbewegungen rückwärts wird nicht die Drehrichtung des Zwischenläufers umgekehrt, sondern von der Ständer- zur Läuferspeisung übergegangen. Bei Drehrichtungswechsel für Streckenfahrt werden die Zwischenläufer in etwa 90 s umgesteuert. Der Anlaufvorgang des zugehörigen Erregerumformers dauert etwa 45 s. Der Anlauf der Zwischenläufer der Einphasenmotoren wurde durch einen Kunstgriff mit Aufheben der Parallelschaltung während des Anlaufs beschleunigt, und zwar von 50 s auf 20 s. Früher traten Schaltüberspannungen beim Einschalten der Einphasenmotoren auf, die durch kurzzeitiges Vorschalten eines kleinen Widerstandes beseitigt worden sind. Gleichzeitig wurde die Isolation der Wickelköpfe der Fahrmotoren verstärkt. Die ursprüngliche Bauart der Schütze wurde durch eine neue ersetzt, die einwandfrei arbeitet; weitere Änderungen an der elektrischen Ausrüstung werden begründet. Zum Schluß wird der Einfluß der Widerstandsanfahrt dem Einfluß der Nutzbremse gegenübergestellt. Mit den in der Gegenüberstellung gewählten Zug- und Bremskräften ergibt sich, daß nur bei der Anhängelast von 1000 t Steuerungsverluste auftreten. In den beiden anderen Fällen ist die zurückgewonnene Arbeit größer als die Verlustarbeit. Selbstverständlich ändern sich die Verhältnisse bei Anwenden anderer Zug- und Bremskräfte; bei kleineren Kräften werden sie ungünstiger, bei größeren günstiger. Vorübergehende Geschwindigkeitsverminderungen durch Langsamfahrt oder dgl. wirken sich günstig aus. Tafel 2 zeigt die Gegenüberstellung der Werte. Meßfahrten haben gezeigt, daß die Lokomotive auch in bezug auf Wirtschaftlichkeit den Lokomotiven mit verlustloser Steuerung gleichwertig ist. *Ko.*

[1]) S. a. W. von Sauer, Über die Wirtschaftlichkeit der elektrischen Raumheizung, ETZ 60 (1939) S. 401.
[2]) Punga u. Schön, ETZ 47 (1926) S. 842 u. 877; 51 (1930) S. 265.
[3]) Schön, Elektr. Bahnen 11 (1935) S. 61, 13 (1937) S. 86.
[4]) Michel, ETZ 7 (1936) S. 1115; Elektr. Bahnen 13 (1937) S. 53.

DK 621.311.1 : 623.746

Elektrische Ausrüstung amerikanischer Heeresflugzeuge. [Nach T. B. Holliday, Electr. Engng. 60 (1941) S. 218; 8 S., 9 B.]

Die Weiterentwicklung der elektrischen Ausrüstung von Flugzeugen wird in den V. S. Amerika als ein Problem erster Ordnung der nationalen Verteidigung angesehen. Hydraulische Anlagen sind allerdings in gewissen Fällen wesentlich vorteilhafter als elektrische Geräte. Dafür hat die Hydraulik aber auch Nachteile, die sich besonders bei Militärflugzeugen auswirken, so daß die Entwicklung von elektrischen Geräten, die die hydraulischen ersetzen können, höchst wichtig ist.

Tafel 2. Arbeit in kWh für drei verschiedene Anhängelasten.

Anhängelast		Gewählte Zug- oder Bremskraft t	1000 t		500 t		200 t	
			Arbeits-Verlust kWh	Arbeits-Gewinn kWh	Arbeits-Verlust kWh	Arbeits-Gewinn kWh	Arbeits-Verlust kWh	Arbeits-Gewinn kWh
Stufe I	Anfahrt	20	17,2	—	8,6	—	4,1	—
	Verzögerung	18	—	14,1	—	8,2	—	4,4
Stufe II	Anfahrt	17	19,8	—	5,1	—	2,3	—
	Verzögerung	14	—	21,7	—	13,3	—	7,1
Stufe III	Anfahrt	13	16,1	—	6,3	—	2,6	—
Summe der Arbeit	Anfahrt	—	44,1	—	20,0	—	9,0	—
	Verzögerung	—	—	35,8	—	21,5	—	11,5
Differenz der Arbeit zwischen Anfahrt und Verzögerung		—	8,3	—	—	1,5	—	2,5

Im Jahre 1939 wurden die elektrischen Bordnetze wegen der immer größer werdenden Leistungen von 12 V auf 24 V Gleichspannung umgestellt; dies geschah in Deutschland schon 1934. Neue 3 kW-Generatoren mit 30 V, 100 A, 2500 bis 4500 U/min und einem Wirkungsgrad von 75% wiegen nur 14,5 kg. 6 kW-Generatoren mit Fremdbelüftung und dafür nur 16,5 kg Gewicht befinden sich in der Entwicklung. Eine Erhöhung der Generatordrehzahl wird zwecks weiterer Gewichtsverminderung gefordert. Die Sammler sollen bei größeren Flugzeugen durch Generatoren mit besonderem Antriebsmotor ersetzt werden, z. B. durch einen Maschinensatz, der 5 kW dauernd, 7,5 kW 15 min lang liefert und 63 kg wiegt. Ein Sammler von demselben Gewicht könnte diese Leistung nur 11 min lang abgeben, wenn der Sammler bis auf 18 V herunter entladen wird. Dieser Maschinensatz gibt in 6 km Höhe noch 80% der genannten Leistung ab. Für Militärflugzeuge kommen jedoch Flughöhen bis zu 12 km vor. Hierfür müßte das Gewicht des Maschinensatzes auf 90 kg erhöht werden. Diese Leistung wird daher wirtschaftlicher durch Generatoren, die vom Flugzeugmotor angetrieben werden, geliefert. Der Maschinensatz hat außerdem noch den Nachteil der größeren Verwundbarkeit. Für Kreiselantriebe wurde 400 Hz Drehstrom gewählt. Hierfür sollen Umformer von 100 bis 1500 VA mit einem Wirkungsgrad von 75% und mit nur 3,6 bis 9 kg Gewicht entwickelt werden. Elektromotoren für Dauerantrieb sind seit etwa 2 Jahren im Gebrauch. Umkehrmotoren wurden seither mit zwei Feldwicklungen ausgerüstet; zur Gewichtsersparnis sollen sie in Zukunft mit nur einer Feldwicklung gebaut und mit einem Schütz umgeschaltet werden.

Die Leitungen werden mit Querschnitten von etwa 0,4 bis 60 mm² für Ströme von 1 bis 200 A hergestellt; sie sind mit zwei entgegengesetzt gewickelten, getränkten Batistbändern und einer getränkten Beflechtung isoliert. Nur die 0,4 mm²-Leitung hat eine Gummiisolation. Diese Leitungen sind bis 110 V Betriebsspannung benutzbar. Als höchster Spannungsabfall sind 3% zulässig. Die Leitungen werden gegen Funkstörungen sorgfältig abgeschirmt. Das Gewicht der biegsamen Abschirmungen entspricht ungefähr dem Gewicht der von ihnen abgeschirmten Leitungen. Eine Ersparnis an Abschirmgewicht wird als möglich angesehen, wenn die Funkgerätehersteller ihre Antennenzuführungen besser abschirmen. Die Militärluftfahrt strebt außerdem mit Rücksicht auf die Verwundbarkeit ein Verschwinden der Abschirmung an. Die Leitungsgewichte betragen bei einem einmotorigen (zwei- bzw. viermotorigen) Flugzeug bei einem 12 V-Gleichspannungsnetz 20 (54 bzw. 110) kg, bei einem 110 V-Gleichspannungsnetz 4 (16,2 bzw. 27,5) kg.

Zur Frage über die Wahl von Gleichstrom- oder Wechselstrombordnetzen wird wie folgt Stellung genommen: Bei Gleichstrom ist Speichern durch Sammler möglich. Gleichstromanlagen sind einfach, dafür aber beim Verwenden von Sammlern nur für niedrige Spannungen anwendbar; in diesem Fall ist die Leistung begrenzt, da Ströme über 200 A nicht mehr als tragbar angesehen werden. Die Stromwendung in großer Flughöhe soll noch nicht genügend geklärt sein. Das Gewicht der Gleichstromanlagen ist etwas höher, der Wirkungsgrad niedriger. Bei Wechselstrom ist die Spannung frei wählbar, was wichtig für Nachrichtengeräte und Beleuchtung ist. Die Maschinen haben keine Bürsten; daher ist geringere Wartung erforderlich. Die Filter in den Nachrichtengeräten für 400 oder 800 Hz Wechselstrom werden leichter als die zum Aussieben der Gleichstromoberwellen. Frequenzen von 60 bis 800 Hz wurden in Erwägung gezogen und Versuche mit 360, 400 und 800 Hz durchgeführt. Geringstes Motor- und Transformatorengewicht ergab sich bei 240 Hz. Wegen der Hystereseverluste ist bei höherer Frequenz mehr Eisen erforderlich. Um aber höhere Drehzahlen erhalten zu können, wurden 400 Hz gewählt; dem entspricht eine höchste synchrone Drehzahl von 24 000 U/min. Hierbei sollen aber die Schwierigkeiten mit der Lagerung und Schmierung bereits so groß sein, daß Motoren mit dieser Drehzahl trotz verschiedener Verbesserungen schon nach 150 Betriebsstunden überholungsbedürftig sind. Motoren mit 12000 U/min erreichen eine Lebensdauer von 1000 Betriebsstunden. Für Dauerbetrieb werden daher nur 12000 U/min, für kurzzeitigen Betrieb 24000 U/min vorgeschlagen. Die Gewichtsersparnis soll durch Steigerung der Motordrehzahl von 4000 auf 24000 U/min allerdings nur 50% betragen, so daß hohe Drehzahlen wegen der Lagerschwierigkeiten nicht besonders lohnend erscheinen. Bei Einphasenstrom kommt man mit weniger Leitungen aus; die Motoren erfordern jedoch wegen der Hilfsphase dasselbe, Umkehrmotoren sogar noch höheres Leitungsgewicht als Drehstrommotoren. Die Parallelarbeit der Generatoren konnte bei Einphasenstrom nicht befriedigend gelöst werden, bei Drehstrom ist sie jedoch (bei Antrieb der Generatoren durch besondere Motoren) möglich. Drehstrom erfordert allerdings eine Verteilung der Belastung auf die drei Phasen und soll einen niedrigeren cos φ haben. Wechselstrom wird für Militärflugzeuge nicht befürwortet, da für große Flughöhen besondere Antriebsmotoren für die Generatoren zu schwer werden, und da ein unmittelbarer Antrieb der Generatoren durch die Flugmotoren (wegen der Unmöglichkeit der Parallelarbeit) je Flugmotor ein besonderes Netz erfordern würde. Um für mittlere und größere Militärflugzeuge Wechselstrom einführen zu können, müßte ein Getriebe entwickelt werden, das vom Flugmotor angetrieben wird und für die Generatoren gleichbleibende Drehzahlen liefert, damit diese parallel arbeiten können. Statt des Sammlers käme dann ein Generator mit besonderem Antriebsmotor in Betracht, der nur für Bodenbetrieb gebaut ist. Eine andere Möglichkeit besteht darin, zunächst Wechselstrom zu erzeugen und diesen gleichzurichten. Bei etwa gleichem Gewicht ergeben sich hierbei folgende Vorteile: einfachere Spannungsregelung, kein Stromwender und geringere Funkstörungen. *Vn.*

Elektrische Antriebe

DK 621.34 : 621.314.58

Stromrichtergespeiste Umkehrantriebe mit umschaltbarem Motorfeld. [Nach E. R. Ettinger u. F. J. Butajew, Bull. WEJ. (1940) Nr. 8, S. 31; 5½ S., 1 B.]

In den letzten Jahren ist der gesteuerte Stromrichter auch für den Betrieb von Gleichstrom-Umkehrantrieben anstatt eines Maschinenumformers gewählt worden[1]). Zunächst hat man die sogenannte Kreuzschaltung mit zwei Stromrichtergefäßen ausgeführt. Niedrigere Anlagekosten bietet die Eingefäßschaltung, wobei durch Umpolen des Motorankerkreises umgesteuert wird. Statt dessen kann man auch im Feldkreis umschalten. Eine nach diesem Verfahren entworfene Schaltung für eine Schachtfördermaschine von 500 kW, 500 bis 600 V beschreibt die vorliegende Arbeit. Als Reserve soll ein Leonardumformer bereitstehen, die Bedienungsweise muß daher bei beiden Gruppen weitgehend gleich sein. Der Motoranker wird von einem Eisengleichrichter, das Feld von einem Glasgleichrichter gespeist. Beide haben magnetische Stoßsteuerung im Gitterkreis; außer mit Drehreglern wird die Gleichspannung durch Vormagnetisieren der Gitterumspanner beeinflußt. Der Bedienungsmann hat nur einen Steuerhebel zu verstellen, die jeweils notwendigen Schaltungen werden dann in der richtigen Reihenfolge selbsttätig ausgeführt. Hierzu wird ein besonderer, fremdangetriebener Steuergenerator benutzt, dessen eine Erregerwicklung von einer Drehzahldynamo am Fördermotor, dessen andere Erregerwicklung von einer an den Gitterdrehreglern des Hauptgleichrichters abgenommen, der Aussteuerung verhältnisgleichen gleichgerichteten Spannung gespeist wird. Richtung und Größe der EMK des Steuergenerators sind also vom Abweichen der Motordrehzahl gegenüber der eingestellten Drehzahl abhängig. Der Steuergenerator speist ein polarisiertes Relais und Vormagnetisierungswicklungen auf den Gitterumspannern des Hauptgleichrichters. Dadurch wird auch eine Kompoundierung des Motors und ein stoßfreier Übergang beim Wechsel der Energierichtung erreicht. Beim Übergang vom Motor- zum Generatorbetrieb wird folgende Schaltfolge beobachtet:

1. Sperrung des Hauptgleichrichters durch Vormagnetisieren der Gitterumspanner, veranlaßt durch das polarisierte Relais,
2. Löschen des Motorfeldes durch Rückspeisen über den Erregerstromrichter als Wechselrichter,
3. Umpolen des Motorfeldes,
4. Erregen des Motors im entgegengesetzten Sinn,
5. Öffnen des Hauptgleichrichters mit Wechselrichtersteuerung.

Beim umgekehrten Wechsel der Betriebsweise ist zunächst das Motorfeld zu löschen, ehe der Hauptgleichrichter gesperrt werden kann. Durch stoßweises Erhöhen der Erregerspannung auf das Fünffache läßt sich die Zeit für die Umkehr des Motorfeldes auf 1,2 bis 1,5 s abkürzen. Der Steuergenerator dient auch zum Gleichhalten der Motordrehzahl, außerdem wird

---

[1]) E. L. Ettinger, Bull. Acad. Sci. URSS, Cl. Sci. techn. (1938) Nr. 5, S. 25. — F. J. Butajew, E. L. Ettinger und Jantschuk, Vestn. Elektr. Promischl. 2 (1938) Nr. 12, S. 1. — Anschütz und Stöhr, AEG-Mitt. (1937) S. 177. — Anschütz und Opitz, AEG-Mitt. (1939) S. 55. — ETZ 60 (1939) S. 815.

durch eine zweite Regeleinrichtung die Erregerspannung konstant gehalten. Weiter sind verschiedene Schutzeinrichtungen vorgesehen, die sowohl Fehler im elektrischen Teil als auch Bedienungsfehler erfassen. Für den Überstromschutz sind Motor- und Generatorbetrieb zu unterscheiden, im ersten Fall wird der Hauptgleichrichter gesperrt, im zweiten Fall dagegen das Motorfeld gelöscht. Bei allen Schutzauslösungen soll auch die Sicherheitsbremse ansprechen. Der Verfasser bezeichnet selbst seine Schaltung als Prinzipschema, daher sind verschiedene Einzelheiten der Arbeitsweise und praktischen Ausführung nicht näher erläutert. *Dr. Az.*

Fernmeldetechnik

DK 621.396.619

Eine Überwachungseinrichtung für frequenzgemodelte Sender. [Nach R. J. Pieracci, Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 28 (1940) S. 374; 5 S., 11 B.]

Das in der vorliegenden Arbeit beschriebene Gerät gestattet die Überwachung der von einem frequenzgemodelten Sender in Anspruch genommenen Bandbreite. Ein Begrenzen des Frequenzhubes ist erforderlich, um Störungen benachbarter Sender zu vermeiden und um Dynamikverzerrung beim Empfang auszuschließen, denn das zur Zeit im Empfänger benutzte Umformorgan liefert nur bis zu einem bestimmten Frequenzhub eine diesem proportionale Amplitudenänderung. Das Frequenzspektrum eines frequenzgemodelten Senders läßt sich bekanntlich durch die Seitenbandgleichung berechnen[1]):

$$F(t) = A_0 \Big\{ I_{0(p)} \cos \omega_0 t + I_{1(p)} [\cos(\omega_0 + \omega_m) t - \cos(\omega_0 - \omega_m) t] + I_{2(p)} [\cos(\omega_0 + 2\,\omega_m) t + \cos(\omega_0 - 2\,\omega_m) t] + I_{3(p)} [\cos(\omega_0 + 3\,\omega_m) t - \cos(\omega_0 - 3\,\omega_m) t] + \ldots + I_{n(p)} [\cos(\omega_0 + n\,\omega_m) t + (-1)^n \sin(\omega_0 - n\,\omega_m) t]. \Big\}$$

Darin bedeuten

A_0 die Amplitude der Trägerschwingung,
$\omega_0 = 2\pi f_0$ die Trägerfrequenz,
$\omega_m = 2\pi f_m$ die Modelungsfrequenz,
$p = \dfrac{\Delta f}{f_m}$, worin Δf der Frequenzhub,
$I_{n(p)}$ die Besselfunktion erster Art n-ter Ordnung für das Argument p.

Also treten Seitenbänder auf bei den Frequenzen $f_0 \pm f_m$, $f_0 \pm 2 f_m$, $f_0 \pm 3 f_m$ usw. Während die Zahl der Seitenbandkomponenten theoretisch unendlich groß ist, verringert sich die Amplitude über den maximalen Frequenzhub hinaus sehr schnell, so daß praktisch mit einer endlichen Bandbreite gerechnet werden kann, die etwa dem 2 bis 3fachen der Frequenzabweichung entspricht.

Die Überwachungseinrichtung soll nun jederzeit ein Bild von den auftretenden Seitenbandfrequenzen geben. Das geschieht durch Aufzeichnen des Spektrums auf den Schirm einer Braunschen Röhre. Das Schema der Anordnung zeigt Bild 3. Das zu untersuchende frequenzgemodelte Signal gelangt in die Mischstufe T_1. Der Oszillator T_4 wird mit Hilfe einer als Reaktanz wirkenden Elektronenröhre T_5 frequenzgemodelt. Dabei beträgt der Frequenzhub 100 kHz. Die Frequenzmodelung des Oszillators erfolgt mit einer sägezahnförmigen Kippspannung von 30 Hz. In der Mischstufe wird das frequenzgemodelte Signal von der ebenfalls frequenzgemodelten Oszillatorschwingung abgetastet. Dadurch werden alle Seitenbandkomponenten des Signals mit der Oszillatorschwingung überlagert, auf die Zwischenfrequenz umgesetzt und im Zwischenfrequenzverstärker T_2 verstärkt. Der Gleichrichter T_3 liefert für jede Seitenbandkomponente einen scharfen, ungerichteten Stromstoß, der den vertikalen Ablenkplatten der Braunschen Röhre zugeführt wird. Den horizontalen Ablenkplatten wird die gleiche sägezahnförmige Kippspannung zugeführt, mit der die Reaktanzröhre gesteuert wird. Dadurch erscheinen die einzelnen Seitenbandkomponenten im entsprechenden Abstand voneinander auf dem Leuchtschirm. Das Leuchtbild hat die Form mehrerer aneinandergereihter steiler Resonanzkurven, deren Amplitude jeweils der Amplitude des betreffenden Seitenbandes entspricht, wie sie mit Hilfe der Besselschen Funktion aus Gl. (1) bestimmt werden kann. Nach Ansicht des Verfassers könnte man sogar bei Verwenden verzerrungsfreier Verstärker und eines verzerrungsfreien Leuchtschirms auf diese Weise Tabellen von Besselschen Funktionen mit annehmbarer Genauigkeit herstellen.

Bei der beschriebenen Einrichtung wurde, um einen Frequenzhub bis zu 75 kHz überwachen zu können, mit 15 kHz Tonfrequenz moduliert. Dadurch entstehen auf dem Leuchtschirm Komponenten im Abstand von 15 kHz. Der Frequenzhub wird dann so weit vergrößert, bis die fünfte Seitenbandkomponente auftritt; an dieser Stelle wurde auf dem Leuchtschirm eine Marke angebracht. Zum Eichen der Einrichtung kann auch von der Tatsache Gebrauch gemacht werden, daß die Besselsche Funktion $I_{0(p)}$ bei den Argumenten $p = \Delta f / f_m = 2{,}4$, $5{,}52$, $8{,}65$ usw. zu Null wird. Wird z. B. eine Frequenzabweichung von 75 kHz verlangt, so wird der Tongenerator auf $75/2{,}4 = 31{,}2$ kHz oder auf $75/5{,}52 = 13{,}6$ kHz eingestellt und dann die Verstärkung, d. h. der Frequenzhub, so weit vergrößert, bis die Trägerkomponente zum ersten bzw. zum zweiten Male Null wird. Bei dieser Verstärkung beträgt die Abweichung 75 kHz. Auf die gleiche Weise kann auch die Nullstelle von $I_{1(p)}$ bei $p = 3{,}83$ zum Eichen benutzt werden. In diesem Falle verschwindet die erste Seitenbandkomponente.

Die Einrichtung gestattet ein fortlaufendes Überwachen des frequenzgemodelten Senders. Sobald das Bild auf dem Leuchtschirm der Braunschen Röhre über die festgelegten Marken hinausgeht, wird die Verstärkung der Modulationsspannung verringert und auf diese Weise der Frequenzhub begrenzt. Der Verfasser schlägt vor, solche Geräte an allen frequenzgemodelten Stationen anzubringen. *W. Ks.*

[1]) S. a. E. C. Metschl, ETZ 60 (1939) S. 1357

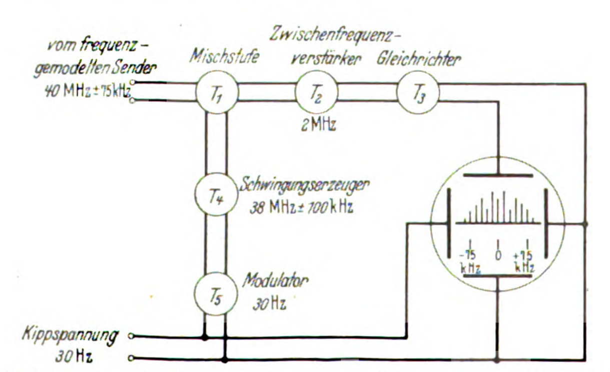


Bild 3. Schema der Überwachungseinrichtung für frequenzgemodelte Sender.

DK 621.396.615

Schnelltastung von quarzgesteuerten Sendern. [Nach T. Hayasi und S. Akasi, Electrotechn. J., Tokio 3 (1939) S. 219; 4 S., 4 B.]

In der Arbeit wird zunächst festgestellt, daß quarzgesteuerte Sender in der Pierceschaltung bei Schnelltastung in kürzerer Zeit anschwingen, als bei Langsamtastung. Diese Beobachtung wird damit erklärt, daß bei einer Schnelltastung in der sehr kurzen Zeit zwischen dem Öffnen und Schließen der Taste, in welcher der Anodenkreis unterbrochen ist, die mechanischen Schwingungen des Quarzes nicht abklingen können, während bei langsamer Zeichenfolge in den Sendepausen die Quarzschwingungen stark abklingen, so daß beim Tasten ein ausgeprägter Einschwingvorgang im Wellenbild in Erscheinung tritt. Zahlenmäßig konnte z. B. festgestellt werden, daß die Amplitude der mechanischen Schwingung eines Quarzes für $883 \cdot 10^3$ Hz bei einem Dämpfungsdekrement des Kristalls von $\delta = 10^{-5}$ und 1000 Unterbrechungen in der Minute in den Sendepausen nur auf 76% des Höchstwertes absank; bei 100 Unterbrechungen in der Minute konnte ein Absinken auf 7% des Höchstwertes beobachtet werden. Entsprechend ist im ersten Fall eine viel kleinere Einschwingzeit nötig als im zweiten Fall. Um zu verhindern, daß überhaupt ein Einschwingvorgang im Wellenbild in Erscheinung tritt, wird in der in Bild 4 gezeigten Weise im Anodenkreis getastet. Der Anoden-

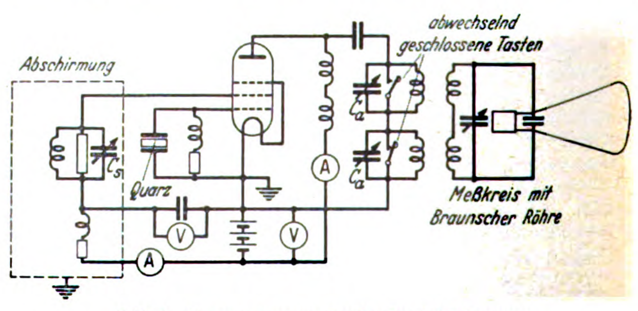


Bild 4. Quarzgesteuerter Sender für Schnelltastung.

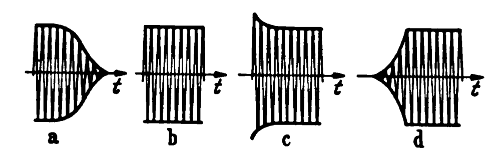


Bild 5. Tastzeichenform eines quarzgesteuerten Senders für Schnelltastung (a bis c) und eines Senders in der Pierceschaltung (d).

kreis besteht aus zwei Kreisen, die im Gleichlauf abstimmbar sind und stets die gleiche Eigenfrequenz haben; sie werden abwechselnd getastet, so daß der eine Kreis immer kurzgeschlossen ist, wenn der andere ein Zeichen gibt. Auf diese Weise wird erreicht, daß der Anodenkreis immer geschlossen bleibt. Zur Verwendung kommt eine Fünfpolröhre, bei welcher der zwischen Kathode und Steuergitter liegende Quarz und der zwischen Kathode und Schirmgitter liegende Schwingkreis den quarzgesteuerten Sender darstellen, dessen Leistung durch Elektronenkopplung in den getasteten Ausgangskreis gelangt. Bezeichnet man die Eigenfrequenz des Quarzes mit f_o, die des Schirmgitterkreises mit f_s und die eines jeden der beiden Anodenkreise mit f_a, so sind folgende Abstimmöglichkeiten denkbar: (a) $f_s > f_o$ und $f_a > f_o$; (b) $f_s > f_o$ und $f_a < f_o$; (c) $f_s < f_o$ und $f_a > f_o$; (d) $f_s < f_o$ und $f_a < f_o$. Die näheren Untersuchungen ergaben, daß in den Abstimmfällen a bis c eine Schwingungserzeugung möglich ist; im Fall d konnte sich keine Schwingung ausbilden. Im einzelnen wird nachgewiesen, daß im Fall c der Quarz und der Anodenkreis für die Schwingungserzeugung maßgebend sind, während im Fall a der Schirmgitterkreis eine ausschlaggebende Rolle spielt. Am stabilsten wurde der Fall b befunden, der den Zustand der eigentlichen Elektronenkopplung kennzeichnet und weiter untersucht wurde. Das Wellenbild bei Tastung des Anodenkreises in der angegebenen Weise nimmt bei einem festen Wert $f_s > f_o$ für verschiedene f_a-Werte im Bereich $f_a < f_o$ verschiedene Formen an, wie die für drei f_a-Einstellungen mit einer Braunschen Röhre aufgenommenen Bilder 5a bis c zeigen. Wie man sieht, läßt sich bei passendem f_a-Wert eine ausgesprochen rechteckige Wellenform erreichen; macht man f_a kleiner, so klingen die Schwingungen gedämpft ab; bei größerem f_a ist das Auftreten eines Einschwingvorganges zu beobachten. Messungen der Einschwingdauer im günstigsten, durch Bild 5b veranschaulichten Fall führten zu einem Wert von 10^{-3} s. Eine Vergrößerung oder Verkleinerung von f_a über die engen, für die Aufnahmen in Bild 5a bis c vorausgesetzten Grenzen hinaus führte außerdem zu einer Amplitudenverringerung bis zur völligen Schwingungsunterdrückung. Bild 5d zeigt die Form der Wellenfolge bei langsamer Tastung eines quarzgesteuerten Senders in der Pierceschaltung. Mit dem in Bild 4 gezeigten Sender wurde bei der Vornahme der beschriebenen Untersuchungen mit 1000 Umschaltungen in der Minute gearbeitet. Die gleichen Ergebnisse zeitigten die entsprechenden Versuche bei 500 und bei 2000 Umschaltungen in der Minute, so daß die Anlage bei weitgehender Frequenzstabilität in gleicher Weise für Schnelltastung wie für langsames Tasten geeignet erscheint. In jedem Fall aber muß durch gute Abschirmung für eine völlige Beseitigung jeder Streukopplung zwischen Schirmgitterkreis und Anodenkreis gesorgt werden. *E. C. M.*

Physik

DK 537.54.029.6 : 621.385

Der Einfluß der Raumladung auf die Fokussierung von Kathodenstrahlen. [Nach W. Reusse u. N. Ripper, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. 29 (1940) S. 68 u. 199; 12 S., 25 B.]

Die Erzeugung von scharf gebündelten Elektronenstrahlen ist für die Technik der Oszillographen- und Fernsehröhren von besonderer Bedeutung. In neuester Zeit ist diese Frage auch für die Konstruktion von Ultrakurzwellengeneratoren, im Klystron, einer geschwindigkeitsgesteuerten Laufzeitröhre[1]) wichtig geworden. Hier ist es erwünscht, einen engen, stromstarken Elektronenstrahl zu erzeugen, der eine möglichst steile Flanke seiner Ladungsverteilung im Querschnitt aufweist. Es ist daher interessant, zu untersuchen, welchen Einfluß die Raumladung im Strahl auf die Ladungsverteilung und auf die Strahlverbreiterung ausübt, die infolge der gegenseitigen abstoßenden Kräfte der im Strahl fliegenden Elektronen auftritt. Eine eingehende Betrachtung der theoretischen Ansätze zur Lösung dieser Aufgabe ergibt, daß bei Parallelstrahlen, die aus Lochblenden austreten, ebenso wie bei Strahlen, die in elektronenoptischen Systemen erzeugt werden, merkliche Strahlverbreiterungen $\Delta = r_0/r \approx 1{,}5$ bereits bei Strahlstromstärken von 1 bis 10 mA/cm² auftreten. Hierbei ist r der Strahlradius beim Austritt, r_0 der Strahlradius nach durchlaufenem Weg. Dabei beträgt die Elektronenbeschleunigungsspannung 4 kV, die durchlaufene Länge 50 cm. Außerdem erkennt man, daß sich der Strahl um so mehr verbreitert, als der Weg vergrößert wird und je höher seine Stromdichte und je geringer die Elektronengeschwindigkeit ist. Die Ladungsverteilung im Strahl verläuft dabei so, daß die maximale Stromdichte in der Strahlmitte liegt, während sie nach beiden Seiten nach Art einer Gaußschen Fehlerkurve absinkt. Die in der Arbeit beschriebenen Messungen der Ladungsverteilung und der Strahlverbreiterung werden mit folgender Anordnung durchgeführt:

In einer mit dem Ionisationsmanometer ständig überwachten Glasapparatur ist die Kathode mit dem elektronenoptischen System und zwei Plattenkondensatorpaaren auswechselbar angeordnet. Bevor der Strahl das eigentliche Meßorgan trifft, kann zur Bestimmung der Strahlstromstärke ein mit 20 V vorgespannter Faradaykäfig mittels eines Schliffes in den Strahl eingeschwenkt werden. Die Vorspannung dient zum Vermeiden von Fehlern durch aus dem Käfig austretende Sekundärelektronen. Das eigentliche Meßsystem besteht aus zwei dünnen parallelen Drähten von 0,05 mm Dmr., die in einer Ebene senkrecht zum Strahl gespannt sind. Trifft der Strahl einen Draht, dessen Durchmesser klein gegenüber dem Strahldurchmesser ist, so entsteht im Draht ein Ladungszustand, der über einen Gleichstromverstärker auf dem Leuchtschirm eines Oszillographen sichtbar gemacht wird. Der Strahl wird nun mittels einer Ablenkspannung am Draht vorbeigelenkt, wobei die Zeitablenkung des Oszillographen mit der Strahlablenkung synchronisiert ist, und zwar ist die Ablenkfrequenz so gewählt, daß noch Strahlfeinheiten entsprechend der zehnten Oberwelle der Grundfrequenz beobachtet werden können. Das so erhaltene Oszillogramm wird zur Auswertung photographiert. Man erhält eine Kurve, die die Ladungsverteilung im Elektronenstrahl angibt. Durch Verwenden zweier Meßdrähte kann die Fußbreite der Kurven, die ein Maß für den Strahldurchmesser ist, exakt bestimmt werden. Mit dieser Anordnung wurden Strahlverteilung und Strahlverbreiterung (Fleckdurchmesser) als Funktion von Strom und Spannung gemessen. Dabei wurden Stromgebiete für die Messung ausgewählt, die für den Betrieb von Braunschen Röhren und Speicherröhren wichtig sind. Es zeigt sich, daß bis herunter zu Strahldichten von 0,4 mA/cm² entsprechend Strahlströmen von 0,004 µA Raumladungseffekte eine Rolle spielen dürften. Eine weitere Untersuchungsreihe, die sich mit dem Einfluß des Blendendurchmessers beschäftigt, ergibt, daß bei Verkleinerung der Blende und bei gleicher Stromstärke der Fleckdurchmesser nicht in dem erwarteten Maße abnimmt. Der Grund hierfür dürfte in den gestreuten Elektronen zu suchen sein. Auch die Einflüsse einer Aperturblende und der Vorkonzentrationslinse wurden untersucht. Mit derselben Einrichtung wurde auch der Einfluß der Kathodentemperatur auf die Ladungsverteilung im fokussierten Bündel festgestellt. Aus theoretischen Ansätzen erkennt man, daß bei Kathodentemperaturänderungen von 250° nur geringe Veränderungen in der Ladungsdichteverteilung im Strahlquerschnitt auftreten. Dagegen wird durch eine Erhöhung der Kathodentemperatur um 1000° die Ladungsverteilungskurve wesentlich verändert. Dies ergibt sich auch aus den Messungen, bei denen auswechselbar eine Oxydkathode von 1070° K und eine reine Metallkathode von 2050° K benutzt wird, wobei die geometrischen Abmessungen, insbesondere die Größe der emittierenden Fläche und die Abstände der Kathodenoberfläche von den übrigen Elektroden in beiden Fällen die gleichen waren. Innerhalb der Temperaturbereiche der üblicherweise verwendeten Oxydkathoden ist der Einfluß der Kathodentemperatur auf die Ladungsverteilung in den meisten Fällen jedoch vernachlässigbar klein. *Drg.*

[1]) Siehe auch H. Döring u. L. Mayer, Geschwindigkeitsgesteuerte Laufzeitröhren. ETZ 61 (1940), S. 685 u. S. 713.

DK 537.54.029.6 : 621.385

Ein Laufzeitgenerator mit einem Hohlraumresonator. [Nach J. J. Müller, und E. Rostas, Helv. phys. Acta 13 (1940) S. 435; 14 S., 7 B.]

In der durchgerechneten Laufzeitröhre wird die Eigenschaft eines Elektronenstrahls, beim Durchgang durch das hochfrequente Feld eines Plattenkondensators entdämpfend auf den angeschlossenen Schwingungskreis zu wirken, benutzt. Da der verwendete Schwingungskreis wegen seiner Ausbildung als Hohlraumresonator auch bei ultrakurzen Wellen einen hohen Resonanzwiderstand besitzt, kann die Entdämpfung zu einer Selbsterregung der Röhre führen. Bild 6 zeigt schematisch den Hohlraumresonator *HR* und den durchtretenden Elektronenstrahl. Darin bedeutet K die Kathode, I_0 ist der eintretende Elektronenstrahl, U_0 die Elektronenbeschleunigungsspannung, $E \sin \omega t$ das hochfrequente Feld im Resonator von der Länge l,

P_1, P_2 sind die Abschlußebenen des Hohlraumresonators (Plattenkondensator). Aus der Bewegungsgleichung wird die Geschwindigkeit v der Elektronen im Resonator mit der Eintrittsgeschwindigkeit v_0 unter der Annahme einer vorhandenen Hochfrequenzspannung $V = E\,l \sin \omega t$ berechnet:

$$\frac{v}{v_0} = 1 + \frac{k}{4\pi\alpha}(\cos\varphi_0 - \cos\varphi). \quad (1)$$

Die Spannungsaussteuerung ist $k = V/V_0$, der statische Laufwinkel $\alpha = \frac{l}{v_0 T}$, ferner gilt für die Eintrittszeit t_0 der Elektronen $\varphi_0 = \omega t_0$. Die Bestimmungsgleichung für den Zeitpunkt $\varphi_1 = \omega t_1$, zu dem die Elektronen das Feldende P_2 ($x = l$) erreichen, folgt daraus durch Integration:

$$2\pi\alpha = (\varphi_1 - \varphi_0)\left(1 + \frac{k}{4\pi\alpha}\cos\varphi_0\right) + \frac{k}{4\pi\alpha}(\sin\varphi_0 - \sin\varphi_1). \quad (2)$$

Unter der Voraussetzung, daß $k < 2\pi\alpha$ ist, gibt diese Gleichung für jedes φ_0 nur einen Wert von φ_1, da die Elektronengeschwindigkeit dann stets positiv bleibt, die Elektronen im Feld also nicht umkehren. Mit diesen Formeln wird nun eine Energiebilanz der Elektronen für den Durchtritt durch das hochfrequente Feld aufgestellt, wobei sich zwei transzendente Gleichungen für das Verhältnis der Wirkleistung bzw. der Blindleistung zur Gleichstromstrahlleistung ergeben, die durch Reihenentwicklung nach dem Parameter $\frac{k}{4\pi\alpha}$ gelöst werden. Da diese Reihe schnell konvergiert, genügt es für die weitere Rechnung, die ersten zwei Glieder zu berücksichtigen. Das Betrachten unendlich kleiner Wechselspannungsamplituden zum Aufstellen der Anschwingbedingung gibt für den Wirkungsgrad die Gleichung:

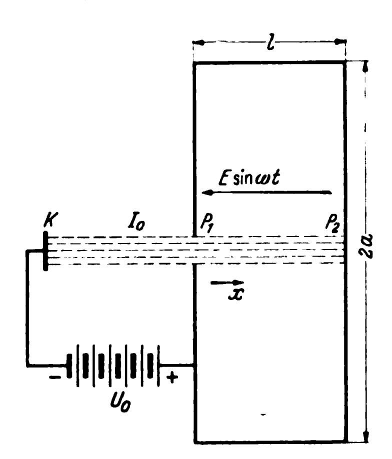


Bild 6. Schema des Laufzeitgenerators.

$$\varrho = -\frac{k^2}{4}\left(\frac{\sin 2\pi\alpha}{2\pi\alpha} - \frac{\sin^2\pi\alpha}{\pi^2\alpha^2}\right). \quad (16)$$

Die im Strahl umgesetzte Hochfrequenzleistung ist proportional zu V^2. Man kann dies auch so ausdrücken, als wirke der Strahl für die Spannung V wie ein ohmscher Widerstand von der Größe:

$$R_D = \frac{k^2}{2\varrho}\frac{V_0}{I_0}. \quad (18)$$

Damit die Anordnung anschwingt, muß dieser Widerstand negativ und sein Absolutwert kleiner als der Resonanzwiderstand des Hohlraumresonators sein. Das Maximum des negativen Widerstandes tritt bei verschiedenen Schwingbereichen bei den Laufzeitwinkeln α = 1,20, 2,24, 3,25 auf. Aus dem Blindleistungsverhältnis läßt sich in ähnlicher Weise eine Änderung des Blindwiderstandes des Resonators berechnen. Der Strahl wirkt also so auf den hochfrequenten Schwingkreis, als wäre diesem ein Widerstand R_D und eine Kapazität C parallelgeschaltet, die positiv oder negativ sein können.

Die Rechnung für endliche Spannungsamplituden ergibt die in Bild 7 dargestellten Kurven für den Wirkungsgrad in Abhängigkeit von der Aussteuerung k für verschiedene statische Laufwinkel α. Der größte Wirkungsgrad von 14,5% tritt im ersten Schwingbereich bei α = 1,25 und k = 4 auf. Im praktischen Fall beträgt z. B. der Resonanzwiderstand des Hohlraumresonators $S = 2 \cdot 10^6\,\Omega$, V = 4000 V und I_0 = 100 mA. Will man möglichst kurze Wellen erzeugen, so ist es günstiger, in einem Schwingungsbereich höherer Ordnung zu arbeiten. Der Vorteil dieser Laufzeitröhre liegt gegenüber einer schwingenden Diode darin, daß bei höheren Spannungen gearbeitet werden kann, gegenüber dem Klystron vor allem darin, daß nur ein Hohlraumresonator verwendet wird. *Drg.*

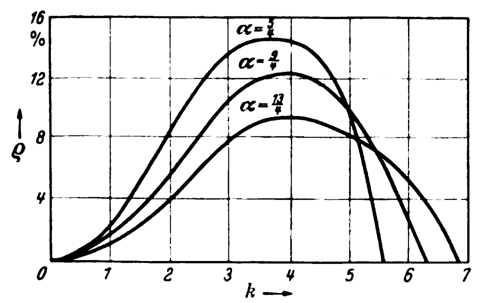


Bild 7. Wirkungsgrad ϱ in Abhängigkeit von der Spannungsaussteuerung k.

Werkstatt und Baustoffe

DK 620.191 : 621.315.614.6

Untersuchungen über die korrodierende Wirkung von Kunstharzhartpapier. [Nach A. Spitzer, Elektr. Nachr.-Techn. 17 (1940) S. 111; 5½ S., 8 B.]

In der Nachrichtentechnik wird u. a. auch bei den Wählerkontaktsätzen Kunstharzhartpapier als Isolierzwischenlage in großem Umfange verwendet, wofür es ganz besonders geeignet ist. Doch hat es den Nachteil, daß es sich unter dem Einfluß von Feuchtigkeit und Wärme und, wenn es dauernd an einer Gleichspannung liegt, verändert und Metallteile, die mit dem Hartpapier in Berührung stehen, angreift. Diese Korrosion, mit der ein Abfallen des Isolationswiderstandes einhergeht, ist nach der Art des Kunstharzhartpapiers verschieden stark und kann erhebliche Störungen bei der Nachrichtenübermittlung hervorrufen. An Beispielen aus dem Nachrichtendienst wird die zerstörende Wirkung ungeeigneter Hartpapiere beschrieben. Um solche Papiere auszuschließen, war die Entwicklung eines objektiven Prüfverfahrens notwendig. Die in der Arbeit beschriebenen Versuche bieten einen Einblick in die elektrolytischen Vorgänge und geben außerdem eine Grundlage für die Ausgestaltung von Prüfverfahren.

Nach den Versuchen hat sich gezeigt, daß der Isolationswiderstand der Oberfläche auf beiden Seiten des Hartpapiers, wenn es zwischen Metallelektroden gepreßt wird, unter dem Einfluß von Feuchtigkeit, Wärme und Strom verschiedene Werte annimmt, und zwar wird der Isolationswert bei korrodierendem Hartpapier auf der Anodenseite größer, auf der Kathodenseite kleiner. Bei guten Hartpapieren sind die Isolationswerte auf beiden Seiten gleich. Nach dieser Erkenntnis wurde eine Meßordnung entwickelt, mit der die Korrosionsfestigkeit von Hartpapier als „Korrosionszahl" gemessen werden kann. *Sb.*

AUS LETZTER ZEIT

Besuch italienischer Elektroingenieure beim Verband Deutscher Elektrotechniker. — Im Rahmen der Bestrebungen, das deutsch-italienische Verhältnis auch auf dem Gebiet der Technik zu fördern, veranstaltete die Deutsch-Italienische Studienstiftung im September 1941 eine Studienreise italienischer Ingenieure und Industrieller durch Deutschland. Auf dieser Reise sollten den italienischen Fachgenossen, die großenteils dem Istituto per la Ricostruzione Industriale angehören, die technisch-wissenschaftliche Gemeinschaftsarbeit und die Fortbildungsmöglichkeiten der Ingenieure sowie die Umsetzung der Erkenntnisse der Wissenschaft in die Praxis gezeigt werden. Im Rahmen dieser Studienreise besuchten am 26. September 22 italienische Elektroingenieure den VDE, wobei ihnen Einblicke in dessen Aufgabengebiet gegeben wurden. Die begrüßenden Worte und den einführenden Bericht über „Internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Elektrotechnik" hatte Herr Prof. Dr.-Ing. M. Kloss VDE übernommen. Herr Dr.-Ing. N. Lieber VDE von der Geschäftsstelle des VDE berichtete über „Die Organisation und die Aufgaben des VDE", über „Die Arbeiten der Prüfstelle des VDE" sprach deren Leiter, Herr Dr.-Ing. T. Dall VDE. Im Anschluß hieran wurde den italienischen Fachgenossen Gelegenheit geboten, an einer Sitzung des VDE-Ausschusses für Fernmeldetechnik teilzunehmen, wobei dessen Vorsitzender, Herr Prof. Dr.-Ing. W. Stäblein VDE einen Einblick in die Zusammensetzung und Arbeit des Ausschusses gab. Abschließend vereinigte ein gemeinsames Mittagessen die italienischen Gäste, die Mitglieder des Ausschusses für Fernmeldetechnik und die technischen Sachbearbeiter der VDE-Geschäftsstelle, wobei sich Gelegenheit zur persönlichen Fühlungnahme und einer Vertiefung der freundschaftlichen Beziehungen zu den italienischen Fachgenossen ergab.

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH

Die Elektrizitätswirtschaft Bulgariens

Von K. Michailoff VDE, Sofia

DK 621.311.1(497.2)

Übersicht. **Bulgarien bieten sich in der kommenden europäischen Großraumwirtschaft gute Möglichkeiten; dabei erwachsen der bulgarischen Elektrizitätswirtschaft besondere Aufgaben. Im folgenden wird ein zusammenfassender Überblick über die Entwicklung, den Stand und den Ausbau der Elektrizitätswirtschaft Bulgariens gegeben.**

Nach Eingliederung der bulgarischen Gebiete Dobrudscha, Weißmeergebiet (Südthrakien) und mazedonisches Gebiet hat sich der Flächeninhalt des alten Königreichs von 103 000 km² um etwa 50 % vergrößert; die Bevölkerung von 6,5 Millionen Einwohnern ist um 30 bis 40 % angewachsen. Der überwiegende Teil — etwa 75 % — ist in der Landwirtschaft beschäftigt. Daher wird Bulgarien zu den landwirtschaftlichen Ländern gerechnet, jedoch sind günstige Bedingungen für die sich schnell entwickelnde Industrie zur Befriedigung des heimischen Bedarfs vorhanden. Dies gilt insbesondere für die Verarbeitung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse.

1. Bisherige Entwicklung von Erzeugung und Verbrauch [1]*) bis [7]

Erzeugung

Als erstes größeres Werk zur Elektrizitätsversorgung kann das im Jahre 1901 ausgebaute Wasserkraftwerk Pantscharewo für die Stromlieferung nach Sofia bezeichnet werden.

In den letzten zehn Jahren hat sich die Stromerzeugung verdreifacht, während sie sich in der gleichen Zeit in einigen anderen kleineren europäischen Ländern wie Dänemark, Rumänien, Portugal nur verdoppelt hat. Diese schnelle Entwicklung ist mit der späten Inangriffnahme dieser Arbeiten in Bulgarien zu erklären. Im Jahre 1940 finden wir bereits alle 100 Städte und von 4000 Dörfern 400 mit insgesamt 2 100 000 Einwohnern mit elektrischer Energie versorgt. Bild 1 zeigt die Entwicklung der installierten Leistung und der Erzeugung in den letzten zehn Jahren, Tafel 1 enthält nähere Angaben für das Jahr 1940.

*) Die Zahlen in eckigen Klammern [ ] beziehen sich auf das Schrifttum am Schluß der Arbeit.

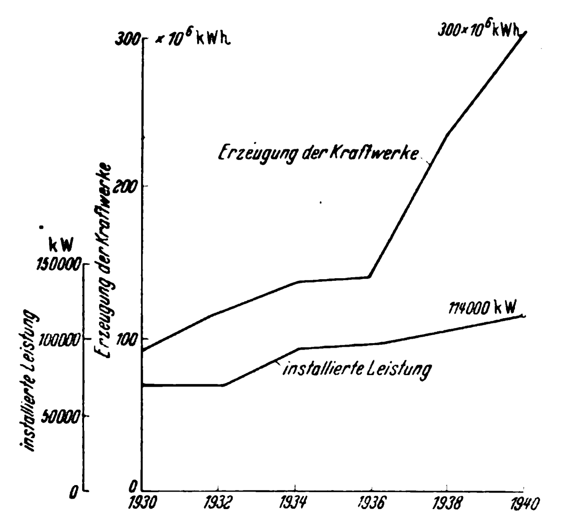


Bild 1. Die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung in Bulgarien.

Tafel 1. Installierte Leistung und Erzeugung der Kraftwerke im Jahre 1940.

Kraftwerke	Anzahl	Installation kW	Erzeugung kWh	Erzeugung %	Benutzungsdauer h
Wasser	44	47 000	175 000 000	60	3700
Dampf	15	54 000	100 000 000	33	1900
Diesel	71	13 000	21 000 000	7	1600
insgesamt	130	114 000	296 000 000	100	2600

Arten des Stromverbrauchs

Tafel 2 gibt einen Überblick über die verschiedenen Arten des Stromverbrauchs im Jahre 1939.

Tafel 2. Stromverbrauch im Jahre 1939.

Art des Verbrauchs	kWh	%
Hausbeleuchtung	35 000 000	16
Straßenbeleuchtung	10 500 000	5
Haushalt	2 000 000	1
Kraft (Industrie)	169 500 000	78
insgesamt	217 000 000	100

Von dem Verbrauch für Beleuchtung entfallen jährlich etwa 17 kWh/Kopf auf Haus- und 5 kWh/Kopf auf die Straßenbeleuchtung. Für Hausbeleuchtung werden dabei im Mittel in den Städten 21 kWh/Kopf und in den Dörfern 6 kWh/Kopf verbraucht.

Haushaltstrom ist aus bekannten Gründen (teure Geräte, noch nicht angepaßte Tarife, geringe Werbung, niedrige Kaufkraft) noch wenig eingeführt.

Der Stromverbrauch der Industrie ist im raschen Steigen begriffen: von etwa 60 Mill kWh im Jahre 1930 auf zur Zeit 200 Mill kWh, wovon ein Teil durch Industriekraftwerke gedeckt wird. Es gibt 20 000 Gewerbebetriebe mit etwa 250 000 kW Anschlußwert, von denen 1000 größere Industrieunternehmungen sind. Einen Überblick gibt Tafel 3.

Tafel 3. Anschlußwert der verschiedenen Industrien.

Industriezweig	Anzahl der Betriebe	Anschlußwert kW	Anschlußwert %
Metall	1 450	14 500	5,8
Textil	860	25 100	10
Leder	320	3 100	1,2
Gummi	90	5 700	2,3
Chemie	380	6 450	2,6
Färberei	170	1 500	0,6
Holz	1 840	19 300	7,7
Keramik	560	15 800	6,4
Tabak	260	1 100	0,5
Mühlen	2 060	77 500	31,0
Konserven	120	1 000	0,4
Molkereien	610	8 600	3,5
Verschiedenes	10 280	70 000	28
insgesamt	19 000	250 000	100

In der letzten Zeit zeigt sich besonderes Interesse für den Abbau von reichhaltigen Eisen-, Kupfer- und Blei-

erzen. Im Rhodope-Gebirge ist ein Dampfkraftwerk von 3000 kW für die AG. Pirin (Bleierzförderung) im Bau.

Der Verbrauch an landwirtschaftlichen und industriellen Erzeugnissen ist in Bulgarien noch sehr niedrig, z. B. 5 kg Zucker und 3 kg Papier je Kopf. Der Bedarf ist jedoch größer, und bei entsprechender Entwicklung der Industrie kann man mit einem Stromverbrauch von über 1 Mrd kWh rechnen.

Landwirtschaft einschließlich Bewässerung. Ganz besondere Aussichten für die Elektrizitätsverwendung sind in der Landwirtschaft (Dreschwerke, Molkereien, Kühlanlagen usw.) vorhanden. Das Wassersyndikat Watscha z. B. versorgt ein landwirtschaftliches Gebiet im Bezirk Plovdiv (Philippopel) in Südbulgarien von etwa 10 000 km² und 300 000 Einwohnern und verteilt etwa 7 Mill kWh für landwirtschaftliche Zwecke einschließlich Bewässerung der Reisfelder.

Ein anderes Kraftwerk an der Grube Maritza für die Elektrifizierung des Bezirkes Stara-Zagora erreichte schon im ersten Betriebsjahre seine volle Belastung von 5000 kW durch Anschluß großer Pumpen für Bewässerungsanlagen.

Obwohl jetzt nur 20 Mill kWh für die Landwirtschaft einschließlich Bewässerung verbraucht werden, kann man mit Rücksicht darauf, daß alle landwirtschaftlichen Kulturen unbedingt bewässert werden müssen, eine weitere rasche Zunahme erwarten, so daß bei planmäßiger Überlandversorgung mit etwa 100 Mill kWh für die Landwirtschaft zuzüglich 100 Mill kWh für die Bewässerung gerechnet werden kann.

Elektrische Bahnen bestehen noch nicht. Es erscheint aber dringend notwendig, etwa 300 km des teilweise überlasteten Eisenbahnnetzes bald auf elektrischen Betrieb umzustellen. Dadurch kann gleichzeitig hochwertige Kohle gespart und Abfallkohle und Wasserkräfte zur Stromerzeugung benutzt werden. Eine Straßenbahn gibt es nur in Sofia, die etwa 13 Mill kWh verbraucht. In der Umgebung Sofias ist vor kurzem die erste Obuslinie von 3 km Länge in Betrieb genommen worden.

Gebietsmäßige Verteilung des Stromverbrauchs

Der Stromverbrauch verteilt sich nicht gleichmäßig auf das ganze Land. Er beträgt in Nordbulgarien etwa 15 kWh, in Südbulgarien einschließlich Sofia etwa 60 kWh und in den neu angegliederten Gebieten nach unvollständigen Angaben etwa 5 bis 10 kWh je Kopf der Bevölkerung. Wie schon mitgeteilt wurde [9], ist für die schnelle Elektrifizierung Nordbulgariens eine Staatliche Direktion gegründet worden.

Den Stromverbrauch in einigen größeren Städten enthält die Tafel 4.

Tafel 4. Stromverbrauch einiger größerer Städte.

	Einwohner	Stromverbrauch kWh	kWh/Einwohner
Sofia	350 000	59 000 000	165
Plovdiv (Philippopel)	120 000	10 400 000	85
Varna	75 000	5 800 000	77
Skoplje	70 000		
Russe (Rustschuk)	55 000	4 700 000	86
Burgas	43 000	1 700 000	40
Kavala	40 000		
Plewen (Plewna)	33 000	2 700 000	83
Stara-Zagora	32 000	2 400 000	75
Sliven	32 000	2 100 000	65
Dobrič (Dobritsch)	28 000	500 000	18
Gabrovo	16 000	7 600 000	475

Es muß noch bemerkt werden, daß in den bulgarischen Städten kein Gas verbraucht wird; in vielen Städten sind ferner noch Dieselzentralen vorhanden, die ziemlich teuren Strom liefern, so daß hier beim Anschluß an das Landesnetz noch mit steigendem Verbrauch zu rechnen ist.

2. Energiequellen und Kraftwerke

Erdöl, Gas und Torf als Energiequellen sind nicht von Bedeutung.

Steinkohle mit 7000 kcal Wärmeeinheiten ist im Balkanrevier zwischen Gabrovo und Sliven in begrenzten Mengen vorhanden. Die Erzeugung beträgt etwa 200 000 t/Jahr. Die Abfälle werden in einem Kraftwerk von 4000 kW installierter Leistung und 12 Mill kWh Erzeugung verwertet.

Als Hauptenergiequelle ist die Braunkohle anzusehen, deren Vorkommen mit Sicherheit auf etwa 600 Mill t geschätzt wird. Von der besseren Braunkohle mit 5000 kcal wird nur die Abfallkohle mit 2000 bis 3000 kcal verbrannt, und zwar in zwei Kraftwerken von 14 000 kW installierter Leistung und einer Erzeugung von 42 Mill kWh. Weiterhin ist ein Kraftwerk von etwa 5000 kW und 20 Mill kWh für die Verwertung von minderwertiger Kohle mit 2800 kcal vorhanden.

Außerdem sind noch Spitzen- und Reserve-Kraftwerke für Sofia und andere Städte, die mit angelieferter Kohle arbeiten, zu erwähnen. Ihre Leistung beträgt insgesamt etwa 24 000 kW, ihre Erzeugung 15 Mill kWh.

Zwei Kraftwerke mit zusammen 6200 kW sind im Bau. Außerdem werden alle Dampfkraftwerke bald erweitert werden.

Im allgemeinen kann man in Bulgarien mit den Stromkosten von Dampfkraftwerken auf sehr niedrige Beträge von etwa 0,35 bis 0,50 Lewa/kWh herunterkommen, da die Abfallkohle von 2200 kcal mit 50 Lewa/t und die minderwertige Kohle von 2800 kcal mit 120 Lewa/t berechnet wird*).

Die Wasserkräfte

Die ausgebauten Wasserkräfte Bulgariens von über 50 000 kW stellen etwa 10 bis 15 % der günstig nutzbaren Leistung dar (nach neueren Untersuchungen von Bajdanoff). Die mittleren Regenhöhen betragen 450 bis 2200 mm, im Jahresmittel 650 mm. Die Beli-Isker-Talsperre im Rilagebirge [7] für 15 Mill m³ für die Wasserversorgung Sofias und den Jahresausgleich der Kraftwerke ist bereits im Bau. Als nächster Schritt kommt der Ausbau einer Talsperre der Rossitza in Nordbulgarien für 120 Mill m³ als Hochwasserschutz, zur Bewässerung und Krafterzeugung in Betracht.

Im Bau befindet sich auch ein Ausgleichsbecken bei Kalin-Kara Güol im Rilagebirge von 5 Mill m³ als Reserve für die Kraftwerke der AG. Granitoid.

Von den ausgebauten Kraftwerken sind folgende zu erwähnen:

Gemeinde Sofia: 4 Werke ≈ 16 000 kW, 60 Mill kWh (im Bau 1 Gruppe 4400 kW)
AG. Granitoid: 3 Werke ≈ 16 000 kW, 60 Mill kWh
Kalin (im Bau): 1 Werk ≈ 4000 kW
Wassersyndikat Watschka: 1 Werk ≈ 7400 kW, 26 Mill kWh

Die Turbinen der Laufwerke sind für etwa sechsmonatliche Dauerwassermengen bemessen und mit einem Kostenaufwand von 25 000 Lewa/kW ausgebaut. Bei 5 % Zinsen beträgt der Preis je kWh bei den Wasserkraftwerken etwa 0,50 bis 0,70 Lewa.

3. Stromübertragung und Verteilung

Die Freileitungsnetze haben nach der Spannungshöhe geordnet folgende Ausdehnungen:

6 bis 20 kV	3400 km
35 kV	155 km
60 kV	255 km

*) Auf gleiche Kaufkraft bezogen, entspricht 1 Lewa etwa 0,10 RM; der Umrechnungskurs ist 1 Lewa = 0,03 RM.

Im allgemeinen kann man feststellen, daß 15 und 20 kV sich als Überlandverteilungsspannung eingeführt hat, während 60 kV als Übertragungsspannung und 100 kV nur für entfernte Gebiete ohne eigene Kraftquellen in Betracht kommen.

Im Bauprogramm der Direktion für Nordbulgarien sind für dieses Jahr folgende Bauten im Gesamtwert von 225 Mill Lewa vorgesehen: 100 kV-Hochspannungsleitung (die erste in Bulgarien) Kurilo—Pleven für die Übertragung von Überschußenergie aus dem Gebiet von Sofia nach Nordwest-Bulgarien. Im Zusammenhang hiermit sollen drei Unterstationen für 110/20 kV gebaut werden, und zwar in Mesdra, in Tscherven-Breg und in Pleven für je 2 × 5000 kVA. Außerdem sollen 435 km 20 kV-Verteilungsleitungen und 180 Transformatorenstationen für 20 000/380/220 V gebaut werden. In Südbulgarien ist der Bau von Verteilungsleitungen gleicher Länge für 15 und 20 kV durch die Staatsgruben, das Wassersyndikat Watscha und die Gemeinde Sofia geplant.

Im Bau befinden sich etwa 100 km 60 kV-Leitung von Stara-Zagora nach Gorna Orechowica und drei Unterstationen 60/20 kV je 3200 kVA zur Energieübertragung von der Kohlengrube Maritza nach Nordbulgarien. Durch diese zwei Übertragungsleitungen will man die Elektrifizierung Nordbulgariens, das verhältnismäßig arm an Kraftquellen ist, sicherstellen. Gleichzeitig wird von der Gemeinde Varna der Ausbau von 20 kV-Leitungen nach Dobritsch und anderen Orten in der Dobrudscha begonnen werden.

4. Gesetzgebung, Organisation und Tarife

Seit dem Jahre 1934 ist das Elektrifizierungsgesetz mit ziemlich großem staatlichen Einfluß in der Elektrizitätsversorgung in Kraft [4]. Das ganze Land ist in Versorgungsgebiete unterteilt, für deren Strombelieferung bestimmten Unternehmungen Konzession erteilt ist. Es handelt sich dabei um

- die Staatsgrube Pernik, die Gemeinde Sofia und die AG. Granitoid für das Gebiet von Sofia,
- das Wassersyndikat Watscha für das Gebiet von Plovdiv,
- die Staatsgrube Maritza für das Gebiet von Stara-Zagora,
- die Privatgrube Tscherno More — noch nicht endgültig — für das Gebiet von Burgas und
- die Staatliche Direktion für Nordbulgarien.

Für die Versorgung der Hauptstadt Sofia selbst hatte ein belgisches Unternehmen eine Konzession von 1900 bis 1960. Inzwischen ist die Konzession an die Gemeinde Sofia mit Wirkung ab 1. 8. 1941 übergegangen.

Zur Elektrifizierung Nordbulgariens und zur Gründung der Staatlichen Direktion als selbständiges Unternehmen für den Bau und Betrieb elektrischer Anlagen ist ein besonderes Gesetz im Jahre 1940 erlassen worden [9].

Alle oben genannten Unternehmungen schließen Stromlieferungsverträge mit den Gemeinden ab oder liefern selbst Strom bis zum letzten Abnehmer (z. B. das Wassersyndikat Watscha).

Die Staatsaufsicht wird durch eine Elektrizitätsabteilung und einen Elektrifizierungsrat beim Bauministerium ausgeübt.

Allgemein sind Zähler-(kWh-)Tarife eingeführt. Gut organisierte Unternehmen verkaufen elektrischen Strom an die Abnehmer wie folgt:

Lichtstrom: 5 bis 8 Lewa je kWh,
Haushaltstrom: 2,5 bis 4 Lewa je kWh,
Strom für Landwirtschaft und Bewässerung: 2 Lewa je kWh,
Kraftstrom: 0,60 bis 3 Lewa je kWh.

Es gibt — besonders in letzter Zeit — auch höhere Tarife bis 15 Lewa je kWh für Lichtstrom bei Unternehmungen mit Dieselanlagen. Die niedrigsten Tarife von 0,15 bis 0,50 Lewa je kWh gelten für Strom zum Betrieb von Holzschleifereien.

5. Künftige Entwicklung

Zum Schluß sei bemerkt, daß der bisherige Verbrauch von 45 kWh je Kopf der Bevölkerung noch wesentlich, bis auf etwa 200 kWh, anwachsen wird, wenn der zur Zeit im Bauministerium noch in Arbeit befindliche Generalplan für die Elektrifizierung durchgeführt sein wird.

Nach neueren Untersuchungen sichern die Energiequellen Bulgariens bei einem Anteil der Wasserkräfte von etwa 50 % und einem Anteil der Abfallkohle und der minderwertigen Kohle von ebenfalls 50 % — normale Entwicklung der Kohlenförderung vorausgesetzt — eine Stromerzeugung von jährlich über zwei Milliarden kWh für lange Zeit.

Schrifttum

[1] K. Michailoff, Die Elektrizitätsversorgung Bulgariens (Stand Ende 1928), Elektrotechn. u. Masch.-Bau 48 (1930) S. 499.
[2] K. Michailoff, Die Elektrizitätsversorgung in Bulgarien in den Jahren 1929 und 1930, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 50 (1932) S. 113.
[3] A. Dikoff, Die Elektrizitätswirtschaft Bulgariens im Jahre 1931. ETZ 54 (1933) S. 351.
[4] K. Michailoff, Das neue bulgarische Elektrifizierungsgesetz, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 53 (1935) S. 211.
[5] A. Dikoff, Die Elektrizitätswirtschaft Bulgariens in den Jahren 1931 bis 1934, ETZ 57 (1936) S. 661.
[6] J. Ledvinka, Die Elektrizitätswirtschaft in Jugoslawien im Jahre 1934, ETZ 57 (1936) S. 659.
[7] E. Link, Die erste bulgarische Talsperre im Rilagebirge bei Sofia, Dtsch. Wasserw. 32 (1937) S. 10.
[8] Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 375.
[9] K. Michailoff, Die Elektrisierung Nordbulgariens, ETZ 61 (1940) S. 725.

DK 621.311(46)

Entwicklung der spanischen Elektrizitätswirtschaft. [Nach W. Guhl, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 32 (1941) S 397; 4½ S., 1 B.]

Spanien verfügt neben bedeutenden Kohlenlagern über zahlreiche Flüsse mit großen Gefällestufen. In den meisten Gegenden sind die Niederschläge auf kurze, aber intensive Regenperioden beschränkt, wodurch sich ein recht unregelmäßiger Wasserlauf ergibt. Außerdem müssen ausgedehnte Landesteile künstlich bewässert werden, so daß viele Werke wegen der großen Wassermengenschwankungen mit künstlichen Stauseen arbeiten. Viele Stromerzeugungs- und Verteilungsanlagen entstanden durch privaten Unternehmergeist und werden auch noch heute durch private Gesellschaften betrieben. Die größten Wasserkraftwerke liegen an den Flüssen der spanischen Gebirgszüge, die meist mehrere Hundert Kilometer von den Verbrauchszentren entfernt sind. So übertragen die Saltos del Duero den erzeugten Strom über Doppelleitungen von insgesamt 540 km Länge mit 138 kV, die Hidroeléctrica Ibérica über 300 km und 132 kV zu ihren Verbrauchern. Die ursprünglich zerstreuten Gesellschaften schlossen sich im Laufe der Zeit zu großen Gruppen und Interessengemeinschaften zusammen, wodurch die elektrizitätswirtschaftliche Vereinheitlichung im letzten Jahrzehnt große Fortschritte machte. Durch natürliche Gruppenbildung weist der jetzige Netzplan fünf große elektrische Zonen auf, die innerhalb ihres Gebietes einen großen Energieaustausch besitzen, nach außen aber verhältnismäßig autark sind. Die fünf Zonen sind: 1. Nordwestspanien mit den zentralen und westlichen Pyrenäen, 2. Nordostspanien mit Katalonien und Aragon, 3. Zentral- und Westspanien, 4. Ostspanien mit Valencia als Zentrum, 5. Südspanien. Der derzeitige Entwicklungsstand umfaßt an installierter Wasserkraft rd. 1,7 Mill kW, an Wärmekraft 0,39 Mill kW, während die Jahresabgabe der Wasserkraftwerke etwa 3150 Mill kWh, die der Wärmekraftwerke 294 Mill kWh beträgt. Dabei ist die durchschnittliche Benutzungsdauer der Wasserkraftwerke 2690 h/Jahr, die der Wärmekraftwerke nur 760 h/Jahr. Der durchschnittliche Stromverbrauch je Einwohner beträgt 140 kWh/Jahr. Seit Jahren nahm die Wasserkraft nicht nur absolut, sondern auch relativ erheblich an Bedeutung zu, wie folgende Zahlen er-

kennen lassen: 1915 entfielen von der gesamten installierten Leistung von 336 000 kW rd. 60% auf Wasserkraftanlagen, 1927 von 796 000 kW bereits 70%, während 1935 von 1 560 000 kW sogar 75% auf die Wasserkraftwerke entfielen. Auch in Spanien wurden viele Kleinkraftwerke durch größere ersetzt; während die Durchschnittsleistung eines Werkes im Jahre 1929 nur 16 700 kW betrug, war sie 1935 bereits auf 21 800 kW gestiegen.

Verwendet wird der Strom außer in den verschiedenen Industriegebieten hauptsächlich für Beleuchtungszwecke; jedoch gewinnen die Großverbraucher, Bahnen und Industrien an Bedeutung. Die Strompreise sind verhältnismäßig hoch; durch verbesserte Tarife ist ein erheblicher Ausbau der Stromerzeugung und -verwendung denkbar. Die Einwirkungen des spanischen Bürgerkrieges auf die Kraftwerke und elektrischen Anlagen sind im allgemeinen geringer als in sonstigen Kampfgebieten. Als Lieferanten stehen amerikanische, deutsche und schweizerische Hersteller an erster Stelle. Die eigene Herstellung beschränkte sich bis Ende der zwanziger Jahre auf einheimische Kleinunternehmungen, aus denen sich seither drei größere Gesellschaften entwickeln konnten, die bereits einen beträchtlichen Teil des spanischen Bedarfes durch eigene Erzeugnisse decken können.

Für die Zukunft ist ein erheblicher weiterer Aufschwung der spanischen Elektrizitätswirtschaft zu erwarten, sobald die derzeitigen Roh- und Werkstoffbeschaffungsschwierigkeiten nicht mehr bestehen. Ausgedehnte Kraftwerkserweiterungen und Neubauten harren der Verwirklichung. Zahlreiche Ausschüsse bearbeiten bereits die wirtschaftliche Zusammenarbeit der Werke, die Spannungsnormung und den Ausbau der Verteilungsanlagen. *an.*

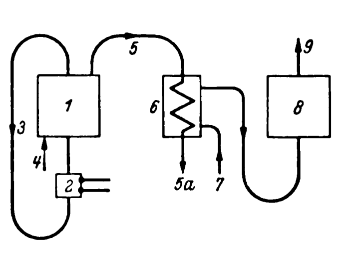
DK 621.365 : 633.2

Wirtschaftliches Grastrocknen mit überschüssiger Sommerenergie. [Nach G. Brunner, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 32 (1941) S. 41; 8 S., 8 B.]

Der Nährwert des Trockengrases ist bekannt und durch viele Fütterungsversuche erwiesen. Beim natürlichen Trocknen entstehen durch die Witterung häufig starke Nährwertverluste, die durch künstliches Trocknen vermieden werden können. Für die Schweiz sind aber heute die selbst erzeugten Nährwerte besonders wichtig, weil die Einfuhr von Kraftfutter Schwierigkeiten macht. Daher versucht man seit einigen Jahren, Gras mit Elektrowärme zu trocknen, die der Schweiz reichlich zur Verfügung steht. Da der Energieaufwand dafür aber trotzdem zu hoch erscheint, wird untersucht, wie das Trocknen wirtschaftlicher durchgeführt werden kann. Das erscheint möglich durch Wärmerückgewinnung bei dem sogenannten Lufttrocknen, wenn man die abziehende, mit Wasserdampf gesättigte Luft in einen Wärmeaustauscher leitet, in dem ihr die Kondensationswärme durch einen Frischluftstrom entzogen wird, der nun selbst einem zweiten Trocknungsraum zugeführt werden kann, in dem die Vortrocknung stattfindet (Bild 1).

Eine nach diesem Prinzip arbeitende Versuchsanlage wurde in Zusammenarbeit verschiedener Interessenten mit den schweizerischen Kraftwerken gebaut, und im August 1940 auf dem Versuchsgut in Emmen in Betrieb genommen. In den Trockenkammern selbst laufen zum Materialtransport Siebbänder. Die Güte des getrockneten Grases war einwandfrei. Trotz gewisser Mängel der ersten Versuchsanlage zeigten die Ergebnisse, daß mit der Wärmerückgewinnung bedeutende Wärmeersparnisse möglich sind. Außerdem konnten Unterlagen für die zweckmäßige Einrichtung größerer Anlagen gewonnen werden.

Eine Gegenüberstellung von Anlage- und Betriebskosten beim Trocknen mit und ohne Wärmerückgewinnung zeigt, daß der Mehraufwand für die naturgemäß umfangreichere und damit teuere Rückgewinnungsanlage durch die damit erzielbaren Ersparnisse schon in fast einem Jahr aufgewogen wird. Bezogen auf eine Anlage zum Verdampfen von 1000 kg Wasser/h sind die Betriebskosten ohne Wärmerückgewinnung etwa 34% höher und der Anschlußwert etwa 72% höher. Diese Vorteile sind gerade bei elektrischem Betrieb wichtig, denn sie erleichtern die Anschlußmöglichkeit. Daher sollen sobald als möglich weitere Anlagen dieser Art ausgebaut werden. *Kd.*



1 erster Trockenraum
2 Heizkörper
3 Trockenluftumwälzung
4 Frischlufteintritt
5 Wasserdampf
5a Kondenswasser
6 Wärmeaustauscher
7 Frischlufteintritt für Rückgewinnungsstufe
8 zweiter Trockenraum (Rückgewinnungsstufe)
9 Trockenluft- + Wasserdampfaustritt

Bild 1. Trockner mit Wärmerückgewinnung.

DK 621.315(44)

Entwicklung der französischen Verbundwirtschaft[1]. [Nach Ch. Duval, Bull. Soc. franç. Électr. 6. Serie, 1 (1941) S. 65; 11 S., 4 B.]

Während bis 1914 die französische Stromerzeugung überwiegend auf Dampfkraftanlagen als Kraftquellen beruhte, wurde nach dem Weltkrieg ein planmäßiger Ausbau der erheblichen im Lande vorhandenen Wasserkräfte betrieben. 1923 wurden von den insgesamt abgegebenen 7,5 Mrd kWh rd. 55% durch Wärmekraft und 45% durch Wasserkraft erzeugt. Der spezifische jährliche Stromverbrauch je Kopf der Bevölkerung betrug 163 kWh, war aber bis 1930 bereits auf 327 kWh angestiegen und vermehrte sich bis 1937 auf 416 kWh. Außer dem ebenfalls stark angewachsenen industriellen Strombedarf beeinflußte auch der Stromverbrauch der inzwischen ausgebauten elektrischen Bahnen die Gesamterzeugung erheblich; diese wurde jedoch durch die Krisenerscheinung 1931/32 wieder etwas vermindert. Die Schwierigkeiten des Wasserkraftausbaues durch Ungleichheit der Tagesbelastung, jahreszeitliche Schwankungen und ungleichen Wasseranfall konnten durch frühzeitig eingeleiteten Verbundbetrieb überwunden werden. Die beträchtliche Zunahme der Wasserkraftausnutzung läßt Tafel 1 erkennen. Die jährliche Benutzungsdauer der Wasserkraftanlagen liegt zwischen 2500 und 3200 h. Ermöglicht

Tafel 1. Entwicklung des französischen Stromverbrauchs

Jahr	1923	1930	1932	1936	1937	1938
Gesamtverbrauch in Mill kWh	7 489	15 840	14 150	16 980	18 755	19 400
Wasserkrafterzeugung in Mill kWh	3 405	6 975	5 870	8 940	10 100	10 400
Anteil der Wasserkraft in % .	45	47	45	52,7	54,8	54,4
Ausnutzungsfaktor der Wasserkraft, bezogen auf einen mittleren Jahresanfall . . .	—	—	0,62	0,74	0,80	0,825

wurde diese günstige Ausnutzung der Wasserkraft durch ein ausgedehntes Hoch- bzw. Höchstspannungsnetz. Während 1923 erst 1100 km Leitungen für Betriebsspannungen zwischen 90 und 220 kV vorhanden waren, betrug ihre Länge 1931 bereits 5200 km und 1937 sogar schon 10 600 km. Namentlich das 220 kV-Netz wuchs in den letzten 12 Jahren erheblich; seine Länge betrug 1929 rd. 140 km, 1931 schon 440 km, 1934 bereits 1300 km und 1937 über 2100 km. Dieses Netz verbindet seit 1932 die Wasserkräfte des Zentralmassivs mit dem Verbrauchsschwerpunkt Paris. Außerdem besteht eine 150 kV-Leitung zu den Pyrenäen, eine weitere in das Gebiet von Lyon als Netzverbindung. 1934 gingen die wichtigen Wasserkraftwerke von la Truyère, Marèges und de Kembs in Betrieb, wodurch weitere Verbindungen notwendig wurden.

Große öffentliche Ausbaupläne beabsichtigten die Ausnutzung von über 1 Mrd kWh jährlich, wofür bis 1944 die beiden großen Wasserkraftwerke Génissiat[2]) und de Laigle (Dordogne) mit einer Kraftwerks-Bausumme von 1,5 Mrd Franken vorgesehen waren. Die gleiche Summe war für den Ausbau des Hochspannungsverbundnetzes auf 3000 km Länge vorgesehen. Das vervollständigte Netz für 220 kV Nennspannung würde die Stromversorgung in allen Landesteilen im wesentlichen sicherstellen und einzelne derzeitig schwach versehene Gebiete einem weiteren Stromverbrauch erschließen, wobei insbesondere die Stromversorgung des Pariser Gebietes weiter gestützt würde. Ferner würden die Wasserkräfte des Zentralmassivs mit denen der Alpengebiete und der Pyrenäen und mit den wichtigsten Wärmekraftwerken über die Hochspannungsleitungen verbunden sein. Dieses Netz wird durch zahlreiche 150 kV-Leitungen mit Speisepunkten in Marseille, Bordeaux, Rennes u. a. vervollständigt. Technisch sind alle Einrichtungen für den Leitungsschutz, stabilen und sicheren Betrieb sowie Regelbarkeit vorgesehen. Die Planung der Netze geschah durch Zusammenarbeit der Hersteller, Stromversorgungswerke und staatlicher Stellen, was sich bewährte. *E. T.*

Handelsregistereintragung. — Elektrische Isolierrohrwerke AG., Hergenrath bei Eupen (150 000 RM): Herstellung und Vertrieb von Isolierrohren für elektrische Leitungen, von Bedarfsartikeln für die Elektroindustrie aller Art sowie Handel mit solchen Artikeln.

[1]) S. a. ETZ 60 (1939) S. 25 (Karte); ferner ETZ 59 (1938) S. 451; 56 (1935) S. 877.

[2]) Das Wasserkraftwerk Génissiat: ETZ 61 (1940) S. 1017.

Georg Dettmar Ehrenmitglied des VDE

Am 14. Oktober feierte Herr Professor Dr.-Ing. E. h. Georg Dettmar in Bückeburg die 70. Wiederkehr seines Geburtstages. Aus diesem Anlaß überbrachten Herr Prof. Rachel, Vorstandsmitglied des VDE, und Herr Direktor Dipl.-Ing. Viefhaus, Geschäftsführer des VDE, dem verdienten Pionier der Elektrotechnik in Anerkennung seiner hervorragenden Leistungen die Urkunde der Ehrenmitgliedschaft.

Um die Jahrhundertwende schossen elektrotechnische Unternehmungen wie Pilze aus dem Boden, und viele Unberufene versuchten, elektrische Geräte zu bauen, die allerdings nicht die Menschen beglücken konnten, sondern gefährdeten. In dieser Zeit erstand in Dettmar ein Mann,

der mit starker Hand diesen Wust vieler Dinge und Fehlkonstruktionen in die richtigen Bahnen lenkte und an der Schaffung der auf allen Gebieten der Technik vorbildlich gewordenen Vorschriften und Normen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker unermüdlich arbeitete, so daß die deutschen elektrotechnischen Erzeugnisse Standardfabrikate wurden und schließlich durch das VDE-Zeichen äußerlich als solche kenntlich gemacht werden konnten.

Geboren ist der Jubilar am 14. 10. 1871 in Ohlau in Schlesien. Als junger Ingenieur, von 1891 bis 1905, erwarb er sich in der Berechnung und Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate und in der Projektierung elektrischer Zentralen bei verschiedenen namhaften Firmen (Lahmeyer, Kummer, Körting) und durch eine selten fleißige Schrifttumsforschung einen umfassenden Überblick über das ganze Gebiet der Elektrotechnik. Zahlreiche eigene Patente hat er seinerzeit erworben. Bald trat er mit Vorschlägen zur Vereinheitlichung und Normung der elektrischen Maschinen, Geräte und Werkstoffe an die Öffentlichkeit. Dieses führte zu seiner Berufung zum Generalsekretär des Verbandes Deutscher Elektrotechniker von 1905 bis 1921. Gerade in dieser Stellung hat er bahnbrechende Pionierarbeit durch Aufbau und Ausbau des Vorschriftenwerkes des VDE geleistet. Seine Initiative, seine Energie und sein weiter Blick überwanden die unzähligen Schwierigkeiten, die sich damals einer Ordnung und einer einheitlich großen Linie auf dem damals in stürmischer Entwicklung befindlichen Gebiet der Elektrotechnik entgegenstellten. Wie ein Steuermann, der auch im Sturm unentwegt sein Ziel ansteuert, so hat Georg Dettmar seine sich gesteckten Ziele rastlos und geradenwegs verfolgt und alles daran gesetzt, daß er den VDE-Vorschriften die gebührende Geltung verschaffte. Was uns heute selbstverständlich erscheint, bedurfte zu seiner Durchführung eines sehr harten und zähen Kampfes mit unzähligen Hemmnissen und Widerständen. Die Erfolge rechtfertigten aber vollauf die aufgewandte Mühe und trugen dazu bei, daß die Erzeugnisse der deutschen Elektroindustrie als hochgeschätzte Wertarbeit nicht nur den inländischen, sondern auch den Weltmarkt eroberten. In zahlreichen Veröffentlichungen hat Georg Dettmar Erläuterungen zu den VDE-Vorschriften gegeben. Auch die Statistik der Elektrizitätswerke hat er zuerst aufgestellt und den von Uppenborn begründeten Kalender der Elektrotechnik herausgegeben.

Im November 1920 wurde er zum ordentlichen Professor für elektrische Anlagen und Bahnen an die T. H. Hannover berufen und hat hier eine sehr anregende und erfolgreiche Lehrtätigkeit entfaltet und viele junge Elektroingenieure für die praktische Elektrotechnik begeistert und ihnen umfassendes Fachwissen vermittelt. Er gründete und leitete an der Technischen Hochschule das Forschungsinstitut für Elektrowärmetechnik.

Auf Dettmars Anregung hin entstand der Deutsche Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine, aus dem später die Reichsgemeinschaft Technisch-Wissenschaftlicher Arbeit hervorging. Auch gab er die Anregung zur Gründung der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft.

Sein Ruf und sein Ansehen gingen weit über Deutschlands Grenzen hinaus. Wiederholt wurde er vom Auslande, so von Luxemburg, Rußland, China, um Gutachten in Elektrifizierungs-

Der Verband Deutscher Elektrotechniker ernennt

Prof. Dr.-Ing. e. h.

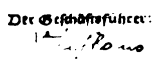
GEORG DETTMAR

seinen langjährigen Generalsekretär, der das Vorschriften- und Normenwerk des Verbandes erfolgreich ausgestaltete und im Weltkriege wichtige Sonderaufgaben für Volk und Staat durchführte, den vielseitigen Forscher und Lehrer, den Chronisten der Starkstromtechnik und Förderer der Anwendung der Elektrowärme, in Würdigung seiner Verdienste um die deutsche Elektrotechnik zu seinem

EHRENMITGLIED

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
im Nationalsozialistischen Bund Deutscher Technik

Der Vorsitzer: Der Geschäftsführer:



fragen gebeten. Zur Durchführung dieser Aufträge unternahm er weite Studienreisen in den genannten Ländern. 1930 war er Mitglied der China-Studienkommission des Reichsverbandes Deutscher Industrie.

Welch großen Ansehens sich Georg Dettmar erfreute, erhellt aus der Tatsache, daß ihm in Studenten- und Fachkreisen der Beiname „Vater der Elektrotechnik" beigelegt wurde; ein Zeichen, mit welcher Liebe und Sorgfalt Georg Dettmar die ständig wachsende Elektrotechnik umhegt und umpflegt hat.

1936 wurde Prof. Dettmar emeritiert; er siedelte nach Bückeburg über und verfolgt noch im Ruhestand die Elektrotechnik mit regstem Interesse.

Wir wünschen dem Jubilar, dessen Lebenswerk so eng mit der deutschen Elektrotechnik verbunden ist, noch viele glückliche Jahre im schönen Bückeburg.

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84

Drähte und Kabel

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hat folgende Änderungen und neue Arbeiten als endgültige Fassung fertiggestellt:

1. VDE 0250 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen", 5. Änderung betr. § 7. Der Entwurf war in ETZ 62 (1941) H. 8, S. 185 veröffentlicht. Sachliche Änderungen gegenüber dem Entwurf waren nicht notwendig, doch wird auf Grund einer Anregung der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt das in § 7 angegebene Verfahren der Ozonprüfung als „DVL-Verfahren" gekennzeichnet. Der Wortlaut der Änderungen ist vom Vorsitzenden des VDE im Oktober 1941 genehmigt und tritt am 1. Dezember 1941 in Kraft. Sonderdruck VDE 0250 d/X. 41, Preis RM 0,10.

2. VDE 0250 U „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen", 8. Änderung betr. §§ 3, 7A und 13. Entwürfe hierzu waren in ETZ 62 (1941) H. 8, S. 185 bzw. H. 25, S. 583 veröffentlicht. Sachliche Änderungen gegenüber den Entwürfen waren nicht notwendig, doch wird auf Grund einer Anregung der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt das in § 7 angegebene Verfahren der Ozonprüfung als „DVL-Verfahren" gekennzeichnet. Der Wortlaut der Änderungen ist vom Vorsitzenden des VDE im Oktober 1941 genehmigt und tritt am 1. Dezember 1941 in Kraft. Sonderdruck VDE 0250 Ug/X. 41, Preis RM 0,10.

3. VDE 0250 K „K-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen", 3. Änderung betr. §§ 6 A, 6 D, 8 A, 8 B, 9 A und 9 B. Der Wortlaut dieser Änderung wurde im Oktober 1941 durch den Vorsitzenden des VDE genehmigt und tritt am 1. Dezember 1941 in Kraft. Sonderdruck VDE 0250 Kc/X. 41, Preis RM 0,10.

4. VDE 0252 K „K-Vorschriften für umhüllte Leitungen", Erstfassung. Diese Bestimmung wurde im Oktober 1941 durch den Vorsitzenden des VDE genehmigt und tritt am 1. Dezember 1941 in Kraft. Sonderdruck VDE 0252 K/X. 41, Preis RM 0,10.

5. VDE 0260 U „Umstell-Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern bis 6 kV", 2. Änderung betr. §§ 2, 3, 4, 5, 10. Der Entwurf war in ETZ 62 (1941) H. 19, S. 455 veröffentlicht. Auf Grund der eingegangenen Einsprüche wurden einige Ergänzungen und Änderungen vorgenommen. Der damit vorliegende endgültige Wortlaut der Änderungen wurde vom Vorsitzenden des VDE im Oktober 1941 genehmigt und tritt am 1. Dezember 1941 in Kraft. Sonderdruck VDE 0260 Ub/X. 41, Preis RM 0,20.

6. VDE 0270 K „K-Vorschriften für Starkstrom-Innenraumkabel ohne Bleimantel bis 500 V für feuchte Räume", Erstfassung. Diese Bestimmung wurde im Oktober 1941 durch den Vorsitzenden des VDE genehmigt und tritt am 1. Dezember 1941 in Kraft. Sonderdruck VDE 0270 K/X. 41, Preis RM 0,30.

7. VDE 0275 „Leitsätze für die Prüfung von Leitungen und Kabeln für feste Verlegung, deren Leiterisolierung oder Mäntel aus thermoplastischen Kunststoffen bestehen", Erstfassung als VDE-Bestimmung. Die bisherige Prüfanweisung VDE 0285 wird als „Leitsätze" bezeichnet, Titel und Arbeitsnummer ändern sich daher wie angegeben. Ferner wird die Vorbemerkung und die Art der Unterteilung (Paragraphen) redaktionell geändert. Hiermit wird aus dieser Veröffentlichung des Ausschusses für Drähte und Kabel eine VDE-Bestimmung. Gleichzeitig wurden Änderungen bzw. Ergänzungen in §§ 4 und 12 vorgenommen. Diese Bestimmung wurde vom Vorsitzenden des VDE im Oktober 1941 genehmigt und tritt am 1. Dezember 1941 in Kraft. Sonderdruck VDE 0275/X. 41, Preis RM 0,20.

8. VDE 0275 K „K-Leitsätze für die Prüfung von Leitungen und Kabeln für feste Verlegung, deren Leiterisolierung oder Mäntel aus thermoplastischen Kunststoffen bestehen", Erstfassung. Diese Bestimmung wurde im Oktober 1941 durch den Vorsitzenden des VDE genehmigt und tritt am 1. Dezember 1941 in Kraft. Sonderdruck VDE 0275 K/X. 41, Preis RM 0,20.

Ferner hat der Ausschuß Entwürfe zu weiteren Änderungen an

VDE 0250 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen" und

VDE 0250 U „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen"

aufgestellt.

Abzüge der Entwürfe können bei der VDE-Geschäftsstelle angefordert werden.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftsstelle bis zum 15. November 1941 einzureichen.

Installationsmaterial

Der Technische Ausschuß der Fachabteilung 5 „Installationsmaterial" der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie hat Entwürfe zu

DIN 46251 „Einführungsöffnungen für Verbindungs- und Abzweigdosen sowie Hauptleitungsabzweigkästen" und

DIN 49035 „Hauptleitungsabzweigkästen für Leiterquerschnitte 6 und 16 mm², 500 V"

aufgestellt. Abzüge dieser Entwürfe können bei der Technischen Abteilung der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, Berlin W 35, Corneliusstr. 3, angefordert werden.

Begründete Einsprüche sind bis zum 15. November 1941 an die Geschäftsstelle des VDE einzureichen.

Freileitungen
Isolatoren

Die Ausschüsse für Freileitungen und Isolatoren haben Änderungen an

VDE 0210 „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen",

VDE 0210 U „Umstell-Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen" und

VDE 0446 „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an"

ausgearbeitet. Diese Änderungen wurden vom Vorsitzenden des VDE im September 1941 genehmigt und treten am 1. November 1941 in Kraft.

Sonderdrucke unter der Bezeichnung VDE 0210 h/IX. 41 (11. Änderung), VDE 0210 U a/IX. 41 (1. Änderung) und VDE 0446 b/IX. 41 (2. Änderung) sind zum Preise von je RM 0,10 von der ETZ-Verlag G m b H. zu beziehen.

Schlagwetter- und Explosionsschutz

Die VDE-Ausschüsse für Schlagwetterschutz und für Explosionsschutz haben in Zusammenarbeit mit der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie einen Entwurf zu dem Normblatt

DIN 40012 „Schlagwetterschutzzeichen, Explosionsschutzzeichen"

aufgestellt. Abzüge dieses Entwurfes sind bei der Technischen Abteilung der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie Berlin W 35, Corneliusstr. 3, erhältlich.

Begründete Einsprüche gegen den Entwurf können bis zum 15. November 1941 bei der Geschäftsstelle des VDE eingereicht werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Sitzungskalender

VDE Bezirk Bergisch Land, Wuppertal-E. 28. 10. (Di), 19^{30}, Saal der Technik: „Elektroöfen für die weiterverarbeitende Industrie" (m. Lichtb.). Obering. Becker.

VDE Bezirk Essen (gemeinsam mit dem Haus der Technik und der DLTG). 23. 10. (Do), 17^{00}, Haus der Technik: „Licht- und Elektrotechnik". Dr. W. Köhler VDE.

VDE Bezirk Kurhessen, Kassel (gemeinsam mit dem VDI). 24. 10. (Fr), 19^{00}, Hess. Landesmuseum, Adolf Hitler-platz 5: „Mathematik als Wehrwissenschaft". Prof. Dr. v. Santen.

VDE Bezirk Mittelhessen, Frankfurt a. M. 5. 11. (Mi), 18^{00}, Kunstgewerbeschule: „Der Vorteil der Netzmodelluntersuchung für die wirtschaftliche Gestaltung von Netzen". Dipl.-Ing. Busemann VDE.

VDE Bezirk Niedersachsen, Hannover. 31. 10. (Fr), 18^{00}, Ärztehaus, Hildesheimerstr. 23: „Entwicklungstendenzen im Rundfunk". Dr. H. Lübeck.

VDE Bezirk Nordsachsen, Leipzig. 29. 10. (Mi), 19^{15}, Handelshochschule: Arbeitsgemeinschaft Technischer Nachwuchs. „Projektierung elektrischer Anlagen für die Industrie". Dipl.-Ing. Jockusch VDE.

VDE Bezirk Ostpreußen, Königsberg. 3. 11. (Mo), 20^{00}, Inst. f. Experimentalphysik: „Ausbreitung elektromagnetischer Wellen". Prof. Dr.-Ing. H. Schwenkhagen, VDE.

VDE Bezirk Württemberg (gemeinsam mit der DLTG), **Stuttgart.** 6. 11. (Do), 19^{30}, Technische Werke, Lautenschlagerstr. 21: „Die Entwicklung der Niederspannungsschaltgeräte". Dr. Kniel VDE.

Fachgruppe Energiewissenschaft, Gauwaltung Wien. 29. 10. (Mi), 18^{00}, Haus der Technik, Eschenbachgasse 9: „Probleme der Hochspannungskabel-Technik und ihre Lösung". Dr. W. Vogel VDE.

Haus der Technik E. V. (gemeinsam mit dem Elektrowärme-Institut), **Essen.** 10. 11. bis 14. 11. (Mo bis Fr), 9^{15}, Haus der Technik: Lehrgang „Elektrowärme im Industriebetrieb". Leitung: Dr.-Ing. habil. W. Fischer. Kursusgebühr 60 RM. Anmeldung an das Haus der Technik, Essen, Postfach 254. Fernruf 24 241.

Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Ort: VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.

Kabel und Leitungen. Leiter: Obering. Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.
27. Oktober 1941, 18^{00}, „Höchstspannungskabel, insbesondere Druckkabel". Vortragender: Dr. W. Vogel VDE.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
28. Oktober 1941, 18^{00}, Vortragsreihe: Städtische Verkehrsmittel. „Stadt-Bahnen". Vortragender: Reichsbahnrat Kniffler.

Stromrichter. Leiter: Dr.-Ing. habil. W. Schilling VDE.
29. Oktober 1941, 18^{00}. „Über das Rückzündungsproblem beim Quecksilberdampfstromrichter", Vortragender: Professor Dr. phil. G. Mierdel VDE.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
30. Oktober 1941, 18^{00}. **Institut für Schwingungsforschung, Berlin NW 87, Franklinstr. 1.** Vortragsreihe: Elektroakustik. „Meßtechnik". Vortragender: Dr. A. Schoch.

Installationstechnik. Leiter: Dipl.-Ing. R. Schamberger VDE.
4. November 1941, 18^{00}. „Schaltpläne für die Installationstechnik nach den neuen Normblättern (DIN VDE 709—719). Vortragender: Dipl.-Ing. H. Schaal.

Elektrotechnisches Rechnen. Leiter: Dr.-Ing. L. Mirow VDE.
5. November 1941, 18^{00}. Vortragsreihe: Die symbolische Methode in der Wechselstromtechnik. „Einfache Aufgaben der Wechselstromtechnik". Vortragender: Dr.-Ing. L. Mirow VDE.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
6. November 1941, 18^{00}, **Technische Hochschule, Hörsaal HG 141.** Vortragsreihe: Sendertechnik. „Grundsätzliche Arbeitsweise des Senderverstärkers". Vortragender: Dr. R. Hofer.

Hochspannungstechnik. Stellv. Leiter: Dipl.-Ing. F. Schultheiß VDE.
7. November 1941, 18^{00}. Vortragsreihe: Kurzschlußströme in Hochspannungsnetzen. „Kenngrößen der Maschinen für die Kurzschlußstromberechnung". Vortragender: Dr.-Ing. W. Putz VDE.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus

Änderung der Prüfordnung der VDE-Prüfstelle

Der Wortlaut des § 5, 8 der Prüfordnung der VDE-Prüfstelle ist wie folgt geändert worden[1]):

„Der Genehmigungsinhaber ist verpflichtet, Gegenstände, für die er die Berechtigung zur Führung eines Verbandszeichens erhalten hat, nur mit diesem Verbandszeichen in den Verkehr zu bringen."

Die VDE-Prüfstelle wird die Einhaltung dieser neuen Bestimmung ab 1. 4. 42 zur Bedingung für das Weiterbestehen der von ihr erteilten Zeichengenehmigungen machen.

2. Nachtrag zu der Zusammenstellung der erteilten Verbandszeichengenehmigungen vom 1. 2. 40[2])

Seit Herausgabe der obenerwähnten Zusammenstellung haben die folgenden in dieser Zusammenstellung noch nicht erwähnten Firmen für bestimmte Typen der nachstehend angeführten Gerätegruppe die Genehmigung zur Führung des VDE-Zeichens erhalten:

Firma:	Gerätegruppe:
Dreyer, Rosenkranz & Droop A.-G., Hannover-Berlin	Fernmeldegeräte
Ing. Nikolaus Eltz, Wien	Rundfunkgeräte
Radiowerk Horny, Wien	„
C. H. Zerdik, Wien	„

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Dall

1) Genehmigt vom Vorsitzenden des VDE am 30. 9. 41.
2) ETZ 61 (1940) S. 47 u. 299; 62 (1941) S. 846.

Änderung des Beitragsabkommens zwischen DAF. und NSBDT.

In Verbindung mit den Zug um Zug einzuführenden Lohnsteuervereinfachungen ist seitens der DAF. das zwischen DAF. und NSBDT. bestehende Beitragsabkommen mit Wirkung zum 1. Oktober 1941 geändert worden. Danach fällt die bislang seitens der DAF. den NSBDT.-Mitgliedern gewährte Beitragsermäßigung um 2 Klassen fort. Als Ausgleich wurden zwischen DAF. und NSBDT. die Voraussetzungen geschaffen, daß mit Beginn des neuen Beitragsjahres 1942 der NSBDT. seinen der DAF. angehörenden Mitgliedern eine Ermäßigung um 2 Klassen auf seine Staffelsätze bis zu einem Mindestbeitrag von 12,— RM einräumen kann.

Die sich hiernach ergebenden neuen Einzelbeträge werden den NSBDT.-Mitgliedern rechtzeitig bekanntgegeben.

Die Deutsche Arbeitsfront
Zentralstelle für die Finanzwirtschaft
Etat- und Verwaltungsamt
gez.: Halder

NS-Bund Deutscher Technik
Reichswaltung
gez.: Schneider
Reichskassenwalter

Die neuen Beitragssätze werden im nächsten Heft 44/45 der ETZ veröffentlicht.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

C. Cippitelli †. — Am 29. September 1941 starb im Alter von 66 Jahren Direktor Cesare Cippitelli, Mitglied des Vorstandes der Voigt u. Haeffner A.G., Frankfurt a. M. In Rom am 24. 9. 1875 geboren, studierte er an der Technischen Hochschule in Mailand und kam nach praktischer Tätigkeit in Österreich und Deutschland in jungen Jahren nach

C. Cippitelli †

Frankfurt a. M. In den Geburtsjahren der Elektrotechnik bereits trat er in die Voigt u. Haeffner A.G. als Konstrukteur für Hochspannungsgeräte ein und schuf um die Jahrhundertwende manche erfolgreiche Konstruktionen, die seinen Namen in elektrotechnischen Kreisen bald bekannt machten. Bereits im Jahre 1901 wurde er unter Dr. Vogelsang Leiter der Konstruktionsabteilung für Starkstromschaltgeräte für Hoch- und Niederspannung. Späterhin übernahm er auch die Leitung des Schaltanlagenbaues. Seit 1919 gehörte er als technischer Direktor dem Vorstand des Unternehmens an. Seine hervorragende konstruktive Begabung, gepart mit besonderen, zeichnerisch gestaltenden, in vieler Hinsicht geradezu künstlerischen Talenten, machte ihn zum richtungweisenden Konstrukteur besonders geeignet in einer Zeit, während der die Elektrotechnik aus kleinsten Anfängen zu ungeheurer Bedeutung erwuchs. Seine zahlreichen Erfindungsgedanken sind in mehreren hundert Patenten, die den Bau von Schalt- und Schutzgeräten zum Teil maßgebend beeinflußten, festgelegt. Besondere Verdienste erwarb sich Cippitelli auch um den von ihm frühzeitig als notwendig erkannten Ausbau der Forschungsstätten, Versuchs- und Prüffelder seines Werkes. In letzter Zeit arbeitete er vornehmlich an der Fortentwicklung des Druckausgleichschalters, dessen charakteristische Formgebung und konstruktive Gestaltung von ihm stammen. Sein unermüdlicher Schaffensdrang hat ihn bis in die letzten Tage hinein in völliger körperlicher und geistiger Frische am Konstruktionstisch festgehalten. Ein tragisches Schicksal wollte es, daß er, auf dem Lande zu kurzer Erholung weilend, plötzlich einem Herzschlag erlegen ist. In Dankbarkeit und Trauer gedenken seine Mitarbeiter und die Gefolgschaft des Werkes des Mannes, der in 43 jähriger unermüdlicher Tätigkeit zahlreiche bleibende Werte geschaffen hat und der mit seinen technischen Fähigkeiten ein stets freundliches und hilfsbereites, in jeder Weise bescheidenes Wesen verband.

M. Hauser †. — Am 21. 9. starb der Gründer und Inhaber der Firma Hauser & Co. K. G., Augsburg, Herr Michael Hauser VDE. Der Verstorbene hat sich vielfach erfinderisch betätigt (Vakublitzlampe) und wirkte auch auf dem Gebiete des Sicherungswesens im VDE mit.

H. Bohle. — Dem Prof. Dr. Hermann Bohle VDE, Berlin, früher Professor an der Universität Kapstadt und korrespondierendes Mitglied des Elektrotechnischen Vereins (heute VDE-Bezirk Berlin), wurde anläßlich der Vollendung seines 65. Lebensjahres in Anerkennung seiner wertvollen wissenschaftlichen Forschungsarbeiten auf dem Gebiete der Elektrotechnik die Goethe-Medaille für Kunst und Wissenschaft verliehen.

EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher

Praktische Anleitung zum richtigen Lohnsteuer-Abzug. Von Oberreg.-Rat Dr. Oeftering. (H. 2 der Sonderschriften des Reichs-Wirtschafts-Führers für Industrie, Handel und Gewerbe. Herausgeg. v. Dr. jur. C. Mölders.) 76 S. im Format 148×210 mm. Hermann Luchterhand Verlag, Berlin-Charlottenburg 1941. Preis geh. 1,45 RM.

[Die vorliegende Schrift will den in der Lohnbuchhaltung während der Kriegszeit eingesetzten Ersatzkräften die erforderlichen Wissensgrundlagen vermitteln, um den Steuerabzug unter den üblichen und allgemein gegebenen Verhältnissen durchführen zu können, und verzichtet hierbei bewußt auf jede Darstellung von Zweifelsfragen oder schwierigen Sonderfällen. Die Grundlagen werden in einfacher und leicht faßlicher Form dargestellt und die gesetzlichen und verwaltungsmäßigen Vorschriften ausreichend erläutert. Zahlreiche Beispiele ergänzen die übersichtliche Aufteilung des Stoffes; ein Sachregister erleichtert die Auffindung interessierender Aufgaben des Steuerabzugs.] *E. O.*

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Obering. B. Eckert, Berlin NW 87, Flotowstr. 12
Obering. W. Geyger VDE, Berlin-Schmargendorf, Cunostr. 67
Dr. phil. nat. H. A. Heß VDE, Berlin-Charlottenburg, Kastanien-Allee 25 (Endriß)
Dipl.-Ing. K. Kirsch VDE, Berlin-Karlshorst, Ehrenfelsstr. 31
Dipl.-Ing. K. Michailoff VDE, Sofia-Kniajewo

Abschluß des Heftes: 17. Oktober 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Springer-Verlag, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 6. November 1941 | Heft 44/45

Einheitsstraßenbahnwagen für deutsche Verkehrsunternehmungen

Von Oskar Willenberg VDE, Berlin

DK 625.62

Übersicht[1]. Es wird dargelegt, welche Gründe zur Schaffung von Einheits-Straßenbahnwagen geführt haben, welche Gesichtspunkte für die Arbeiten maßgebend waren und zu welchen Ausführungen man sowohl beim wagenbaulichen Teil als auch bei der elektrischen Ausrüstung gelangt ist.

Entstehung der Einheitsstraßenbahnwagen

Das bunte äußere Bild des Fahrzeugparks deutscher und ausländischer Straßenbahnen gibt nur eine schwache Vorstellung von der Vielzahl der tatsächlich vorhandenen Straßenbahnwagenausführungen, die sich nur aus der geschichtlichen Entwicklung und dem verständlichen Wunsch, bei jedem neuen Auftrag tatsächliche oder vermeintliche Verbesserungen gegenüber den älteren Wagen einzuführen, sowie der Berücksichtigung oft recht belangloser örtlicher Gewohnheiten erklären läßt. Jedenfalls fehlte bisher trotz mehrfacher Ansätze zum Beseitigen dieses Wirrwarrs jede einheitliche Linie im deutschen Straßenbahnwagenbau, was zur Folge hatte, daß die Wagenbaufirmen fast bei jedem Auftrag neue Entwicklungsarbeit leisten mußten. Bedenkt man nun, daß z. B. für einen im Jahre 1940 ausgelieferten Auftrag auf zweiachsige Straßenbahn-Triebwagen nicht weniger als 10000 Konstrukteurstunden und Gesamtentwicklungskosten in Höhe von 60000 RM aufgewendet werden mußten, so ist ohne weiteres klar, daß in der heutigen Zeit solche größtenteils unproduktiven Kosten nicht mehr verantwortet werden können. Hinzu kommt, daß die Waggonindustrie auch noch lange Jahre nach dem Kriege nicht in der Lage sein wird, Konstrukteure für derartige Arbeiten freizugeben, und daß bei dem Umfang der Reichsbahnaufträge im allgemeinen nur dann die Möglichkeit geschaffen werden kann, Straßenbahnwagen-Aufträge in das Gesamtfertigungsprogramm einzuschieben, wenn es sich nicht um die mehr handwerksmäßige Herstellung in kleineren Stückzahlen, sondern um ausgesprochene Reihenfertigung handelt.

Deshalb war es eine zwingende Notwendigkeit, Einheitsstraßenbahnwagen zu schaffen, um den dringenden Bedarf der Straßenbahnbetriebe in absehbarer Zeit überhaupt befriedigen zu können. Es handelte sich dabei nicht darum, etwa revolutionären Ideen hinsichtlich der Ausgestaltung der Fahrzeuge zum Durchbruch zu verhelfen, sondern aus einer ganzen Reihe von Versuchen, die bei einzelnen Straßenbahn-Gesellschaften durchgeführt wurden, das Beste und Bewährte herauszufinden und damit einige wenige Wagentypen zu schaffen, mit denen man den verschiedenen Verkehrsanforderungen möglichst weitgehend gerecht werden kann. Dies setzte voraus, daß man dem in Deutschland herrschenden Grundsatz treu blieb, dem verschieden starken Verkehrsbedürfnis durch Behängen der Triebwagen mit Beiwagen gerecht zu werden. Dabei beschränkte man sich auf nur zwei Wagengrößen. Von einem Typungsausschuß der Fachgruppe Straßenbahnen in der Reichsverkehrsgruppe Schienenbahnen, dem auch Vertreter der Wagenbau- und der Elektroindustrie angehören, sind nunmehr in zweijähriger, überaus mühevoller Arbeit je ein zweiachsiger, dreiachsiger und vierachsiger Trieb- und Beiwagen für Regel- und Meterspur als Einheitsstraßenbahnwagen festgelegt worden, also gibt es nur noch drei regelspurige Triebwagentypen mit den zugehörigen Abwandlungen für Meterspur und für Beiwagen, wobei das Fassungsvermögen des Zwei- und Dreiachsers gleich groß ist.

Wagenbaulicher Teil

Die Vereinheitlichung des wagenbaulichen Teiles konnte verhältnismäßig weit getrieben werden. Man muß hierbei unterscheiden zwischen 1. festgelegten, 2. wahlweise festgelegten und 3. freigestellten Ausführungen. Zu letzteren gehören nur ganz wenige Teile des Wagens, bei denen in erster Linie Geschmacksfragen eine Rolle spielen, wie z. B. der Außenanstrich des Wagens und der Bezugsstoff der Sitze. Zur zweiten Gruppe gehören solche Ausführungen, von denen keine den anderen so eindeutig überlegen schien, daß es vertretbar gewesen wäre, durch ihr eindeutiges Festlegen das Verwenden der anderen auszuschließen. Manche Ausführung ist auch während des Krieges nicht lieferbar. Man hat hier also die Möglichkeit, zwischen mehreren Ausführungen zu wählen, aber jede von ihnen ist in allen Einzelheiten eindeutig festgelegt. Hierher gehören z. B. Werkstoff und Antrieb der Schiebetüren, Bremssystem, Schaltung der Kurzschluß- und der Schienenbremsen, Heizleistung usw., auf die zum Teil weiter unten noch näher eingegangen wird.

Der ganz überwiegende Teil aller Festlegungen gehört aber zur Gruppe 1 und ist eindeutig und bindend; er umfaßt die einzelnen Aufbauteile des Wagens vom Niet bis zur Fenstersäule sowie sämtliche wagenbaulichen Maße, Werkstoffe und Toleranzen, die in vielen Hunderten von verbindlichen Zeichnungen niedergelegt sind und nach denen allein noch gebaut werden darf, wenn nicht eine besondere Ausnahmegenehmigung erteilt ist, was aber nur in zwingenden Fällen geschieht. So ergab sich eine so weitgehende Vereinheitlichung des wagenbaulichen Teils, daß es möglich ist, hierfür bei jedem Wagentyp einen Einheitspreis aufzustellen, der für alle Wagenbaufirmen des Altreichs bindend ist. Dies geschieht nach

[1]) Siehe auch S. 888 dieses Heftes.

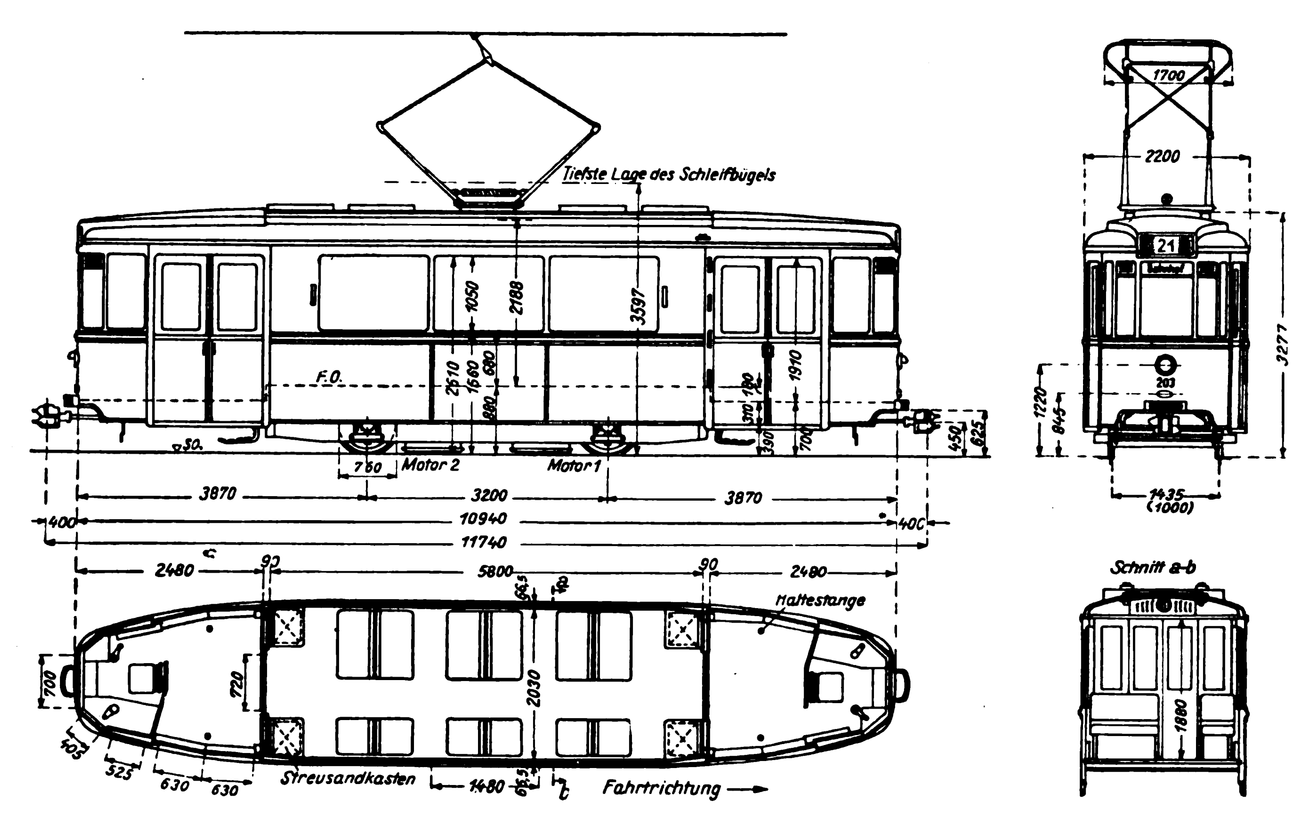


Bild 1. Zweiachsiger Einheits-Triebwagen.

demselben Verfahren wie bei Aufträgen der Reichsbahn, indem zunächst aus den Vorkalkulationen einer Reihe von Firmen ein Einheitspreis im Benehmen zwischen der Deutschen Wagenbau-Vereinigung und der Reichsverkehrsgruppe Schienenbahnen festgelegt wird, der für die ersten Aufträge gilt. Nach einigen Lieferungen werden dann in Abständen von etwa einem Jahr die inzwischen ausgeführten Fertigungen nachkalkuliert, woraus sich der Einheitspreis für kommende Bestellungen ergibt, und so fort. Bei diesem Verfahren ist sowohl den Belangen der Lieferer als auch der Besteller in gleicher Weise Rechnung getragen.

Die wichtigsten Festlegungen im Bereich des wagenbaulichen Teils sind aus Bild 1 und 2 zu ersehen. Was den Wagenkasten anlangt, so liegen die Unterschiede zwischen Zwei- und Vierachser lediglich in der Länge des Sitzraumabteils, während die Plattformabteile völlig gleich sind. Der Wagenkasten des Dreiachsers (Radstand der Tragachsen 4700 mm) deckt sich fast ganz mit dem des Zweiachsers, nur mußten an Stelle der Doppelschiebetüren Teleskoptüren treten. Schließlich stimmen auch die Wagenkästen der Beiwagen, vom einfacheren Dach abgesehen, das ja weder Stromabnehmer noch Widerstände zu tragen hat, in fast allen Einzelheiten mit denen der Triebwagen überein. Über das Platzangebot unterrichtet Tafel 1.

Tafel 1. Platzangebot und Wagengewichte der neuen Einheitsstraßenbahnwagen.

	Zwei- und Dreiachser		Vierachser	
	Triebwagen	Beiwagen	Triebwagen	Beiwagen
Fassungsvermögen				
an Sitzplätzen	22	22	32	32
an Stehplätzen	40	48	44	51
insgesamt	62	70	76	83
Errechnetes Gewicht für Regelspur in t			18,3	12,3
Zweiachser	12.7	8.4		
Dreiachser	13.0	8.4		

Ferner ist bezüglich der Einzelheiten des mechanischen Teils bemerkenswert, daß sämtliche Wagen auf jeder Seite zwei Doppeltüren haben, um das Ein- und Aussteigen möglichst zu beschleunigen, und daß mit Rücksicht auf die Erhaltung der Gesundheit des Fahrers sämtliche Einrichtungen so getroffen sind, daß der Fahrer seine Tätigkeit im Sitzen ausüben kann. Bei den Radreifen wurde von der konischen zur zylindrischen Lauffläche übergegangen, um einen ruhigeren Lauf zu erzielen. Die Räder sind einfach- oder doppeltgewellte Scheiben, um bei ausreichender Festigkeit eine hohe Elastitizät zu erzielen und infolgedessen die Radreifen bis zu geringen Stärken herunter abnutzen zu können. Zum Erhalten der Präzision des Laufwerks und wegen vereinfachter Unterhaltungsarbeiten sind sämtliche Achslager als Rollenlager ausgebildet. Für die Achsbuchsfedern und die Wagenkastenfedern ist beim Zwei- und Dreiachser, von dessen Lenkachse abgesehen, nur ein einziges selbstschmierendes Federprofil verwendet. Die Laufgestelle sind in geschweißter Konstruktion aus Blechträgern und Profileisen hergestellt. Auch die Kastenbleche am Gerippe sind weitgehend durch Schweißen befestigt, und zwar ist eine Ausführung gewählt, bei der sowohl Punkt-, Loch- oder Raupenschweißung als auch Nietung angewendet werden kann. Für die Sitzplätze sind bis zu 4 Anordnungen je Wagengröße wahlweise zugelassen[2]).

Elektrische Ausrüstung

Für Straßenbahnen kommt nach dem heutigen Stande der Technik nur Gleichstrom in Betracht, und zwar ist die überwiegend verwendete Spannung 600 V. Schwieriger als beim wagenbaulichen Teil lagen die Normungsmöglichkeiten bei der elektrischen Ausrüstung. Hierbei konnte die Vereinheitlichung nämlich nicht so weit getrieben werden, weil einzelne Teile, insbesondere die Fahrschalter,

[2]) Eine ausführliche Beschreibung der Einheitswagen bringt das Sonderheft der Verkehrstechnik 22 (1941) H. 11/12, Deutscher Verlag. Berlin.

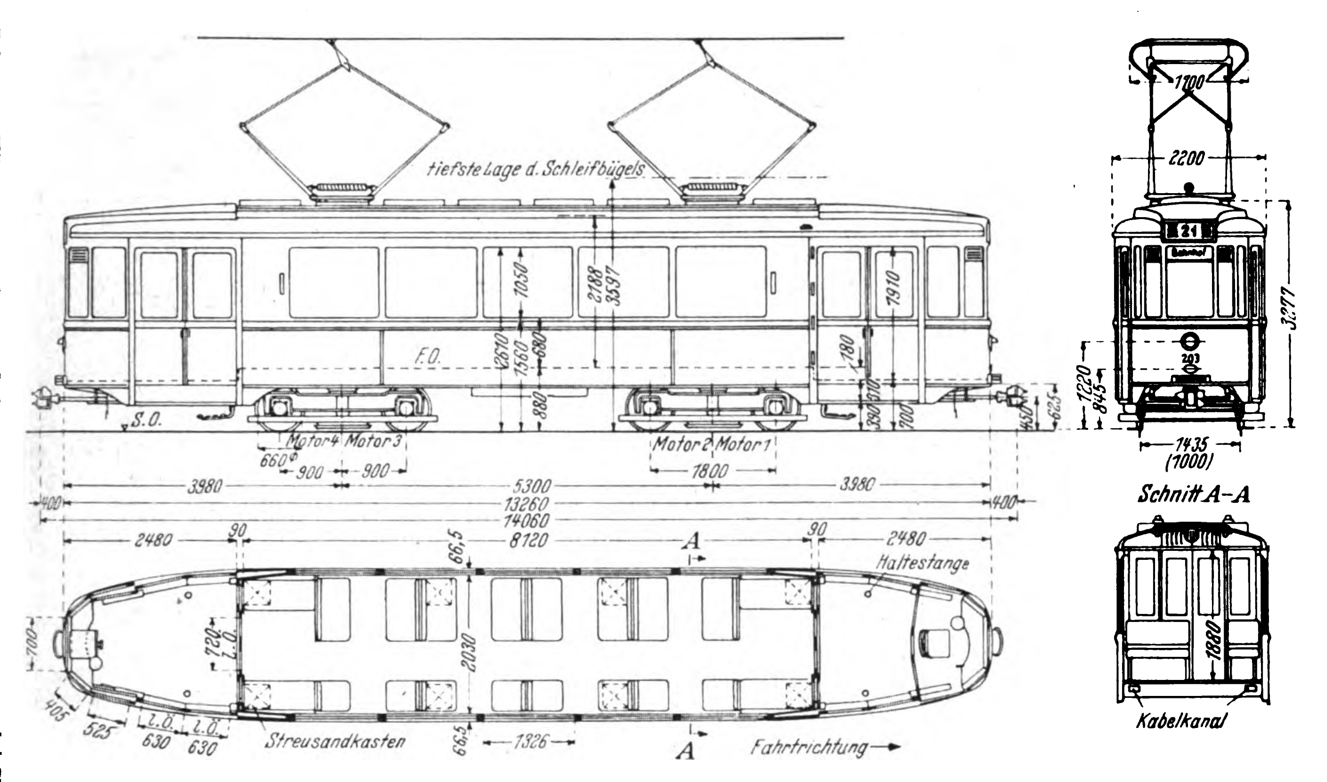


Bild 2. Vierachsiger Einheits-Triebwagen.

noch stark in der Entwicklung begriffen und deshalb für eine Normung noch nicht reif sind. Wohl aber wurde z. B. die Zahl der Motortypen auf insgesamt 4 beschränkt.

Motoren

Die Leistungen, Drehzahlen, Übersetzungsverhältnisse und Anschlußmaße der Einheitsmotoren wurden festgelegt und zwischen den Kennlinien und den äußeren Abmessungen der Erzeugnisse der verschiedenen Firmen für jeden Typ eine so weitgehende Übereinstimmung herbeigeführt, daß ein Austausch möglich ist. Darüber hinaus stimmen die Motoren der Firmen SSW und AEG auch in allen Einzelteilen restlos überein. Wollte man im übrigen neuzeitlichen Verkehrsansprüchen gerecht werden, so war es erforderlich, wegen der unbedingt notwendigen größeren Anfahrbeschleunigungen und Höchstgeschwindigkeiten sowie der durch letztere bedingten höheren Bremsverzögerungen wesentlich größere Leistungen, als sie bisher meist angewendet werden, vorzusehen. So kam es zu den in Tafel 2 angegebenen Motortypen.

Lieferfirmen getroffen waren, die höchste Betriebsdrehzahl die doppelte Stundendrehzahl nicht überschreiten durfte, sind sämtliche Einheitsmotoren so bemessen, daß sie eine höchste Betriebsdrehzahl gleich dem 2,5fachen der Stundendrehzahl aushalten, um die für Straßenbahnen grundsätzlich zugelassene Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h ausnutzen zu können.

Beim 60 kW-Motor des Zweiachsers und dem 50 kW-Motor des Vierachsers ist außer dem zu dieser Höchstgeschwindigkeit gehörenden Übersetzungsverhältnis noch eine größere Übersetzung zugelassen, um unter Verzicht auf die Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h ein noch stärkeres Anzugsmoment zu erzielen. Alle Zahnräder sind schräg verzahnt und haben gehärtete und vollständig geschliffene Flanken. Die großen Räder können ein- oder zweiteilig ausgeführt werden.

Als Beispiel für die Einheitsmotoren ist in Bild 3 der sicherlich meistgebrauchte Motor von 60 kW für den regel- und meterspurigen Zweiachser dargestellt; seine Kennlinien zeigt Bild 4.

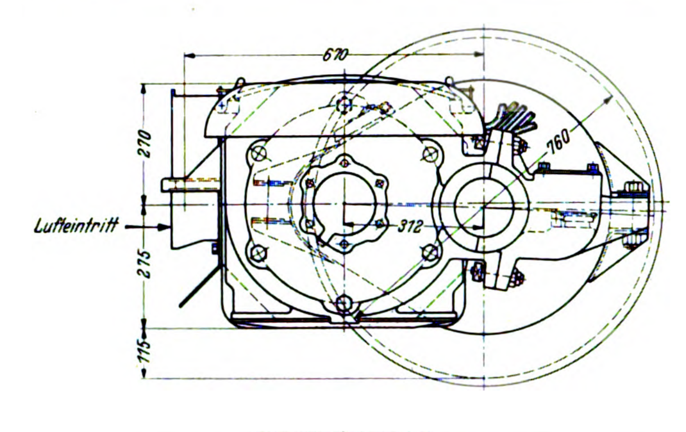
Tafel 2. Hauptwerte der Antriebe der Einheitsstraßenbahnwagen.

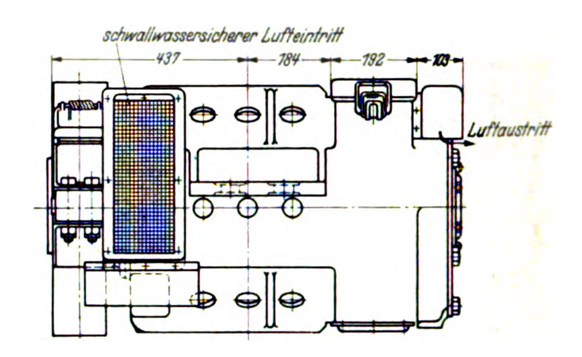
	Leistung kW	Motorspannung V	Drehzahl des Motors U/min	Übersetzungsverhältnis	Dabei zulässige Höchstgeschwindigkeit km/h	Wahlweises Übersetzungsverhältnis	Dabei zulässige Höchstgeschwindigkeit km/h	Motoren je Wagen
Zwei- und Dreiachser								
Für Regel- und Meterspur	60	600	830	4,80 : 1	60	5,75 : 1	52	2
außerdem wahlweise für Regelspur	75	600	900	5,22 : 1	60	—	—	2
Vierachser								
Für Regel- und Meterspur	50	$\frac{600}{2}$	850	4,36 : 1	60	4.77 : 1	55	4
außerdem wahlweise für Regelspur	60	$\frac{600}{2}$	850	4,38 : 1	60	—	—	4

Sämtliche Motoren haben im Läufer eine Stabwicklung, eine 40 %ige Feldschwächung durch Anzapfen der Erregerwicklung sowie 4 Bürstenhalter mit je 2 genormten Bürsten. Während bei Bahnmotoren bisher, soweit nicht in Einzelfällen besondere Vereinbarungen mit den

Kurzschlußbremsen

Ganz besonderes Augenmerk mußte bei den hohen vorgesehenen Geschwindigkeiten den Bremsen zugewendet werden. Da in Deutschland die elektrische Bremse ihre





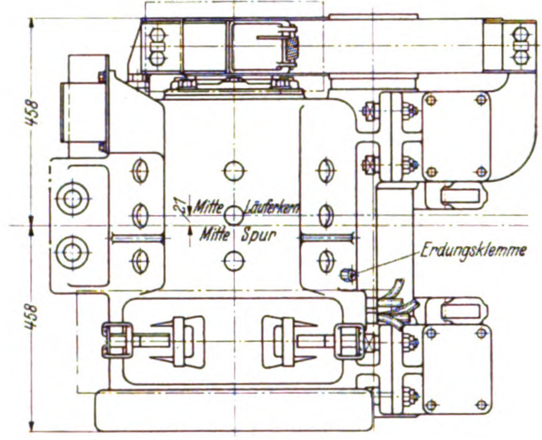


Bild 3. Umrißzeichnung des Einheitsmotors EM 60/600 mr.

Überlegenheit über die Druckluftbremse bei Straßenbahnen einwandfrei erwiesen hat, wurde sie bei allen Einheitswagen als Gebrauchsbremse vorgeschrieben. Sie dürfte meist als Kurzschlußbremse ausgeführt werden, kann aber beim Zwei- und Dreiachser auch als Nutzbremse nach dem Nürnberger oder Aachener System in Verbindung mit der Kurzschlußbremse verwendet werden.

Die Schaltung der Motoren beim Kurzschlußbremsen kann beim Zwei- und Dreiachser sowohl als Kreuzschaltung mit oder ohne Ausgleichwiderstand als auch als Schaltung mit getrennten Bremskreisen gewählt werden. Beim Vierachser sind folgende Schaltungen wahlweise vorgesehen:

1. Zwei getrennte Bremskreise mit je 2 Motoren in Kreuzschaltung ohne Ausgleichwiderstand;
2. zwei Motoren dauernd in Reihe, beide Gruppen in Kreuzschaltung mit oder ohne Ausgleichwiderstand;
3. die Motoren paarweise verkreuzt (Viereck) und gruppenweise parallel mit Ausgleichleitung (Bild 5);
4. die Motoren paarweise parallel und gruppenweise verkreuzt (Viereck) mit Ausgleichwiderständen (Bild 6).

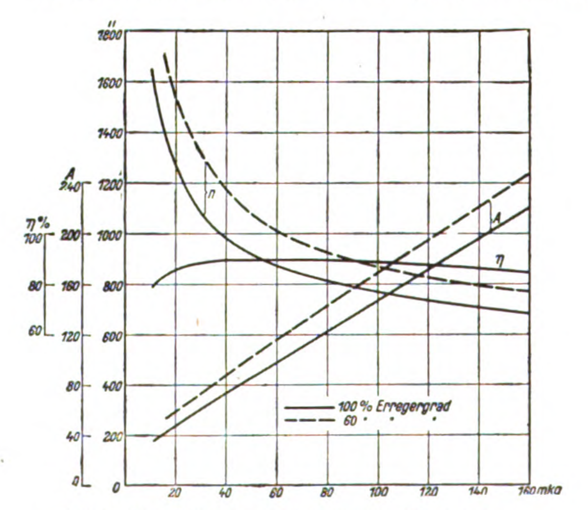


Bild 4. Kennlinien des Einheitsmotors EM 60/600 mr.

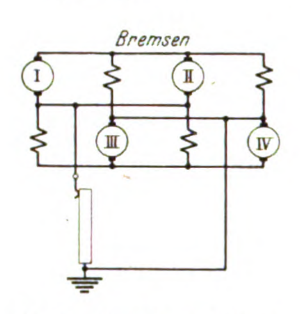


Bild 5. Viermotorenschaltung, paarweise verkreuzt (Viereck) und gruppenweise parallel mit Ausgleichleitungen.

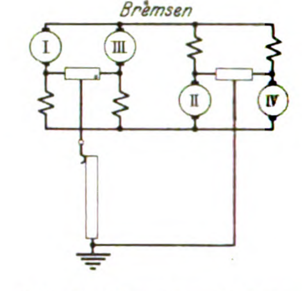


Bild 6. Viermotorenschaltung, paarweise parallel und gruppenweise verkreuzt (Viereck) mit Ausgleichwiderständen.

Solenoidbremsen

Der Kurzschluß- bzw. Nutzstrombremse in den Triebwagen entspricht in den Beiwagen, wie bisher üblich, das Bremsen durch Betätigen von Solenoiden. Beim Zwei- und Dreiachser kommt bei getrennten Bremsstromkreisen statt eines Solenoids die Verwendung von zwei Solenoiden in Betracht, wie auch beim Vierachser in jedem Drehgestell ein Solenoid eingebaut ist. Beim Berechnen der Bremsen wurde angestrebt, daß die Bremsverzögerung der Beiwagen möglichst in jeder Phase des Bremsvorganges unabhängig von der Zugzusammensetzung mindestens gleich der des Triebwagens sein soll, um ein Auflaufen zu vermeiden.

Schienenbremsen

Außerdem hat jeder Trieb- und jeder Beiwagen Schienenbremsen, und zwar gibt es in Zukunft nur noch Bremskörper einer einzigen Größe, nämlich mit 4000 kg Anpressungsdruck. In jedem Vierachswagen sind 4 Magnete, in jedem Zwei- oder Dreiachser 2 Magnete eingebaut. Die beiden letzteren Wagentypen können aber auch mit 4 Magneten ausgerüstet werden.

Die Schaltung der Schienenbremse kann verschieden sein. Einmal ist vorgesehen, daß die Bremskörper, wie bisher üblich, vom Bremsstrom durchflossen werden, anderseits können sie wahlweise auch an die Bremsspannung gelegt werden[3]), wodurch ein besseres Anpassen der Bremskraft an die Reibungsziffer herbeigeführt werden soll. Die Bremsspannung nimmt bekanntlich mit der Geschwindigkeit ab, während die Reibungsziffer mit abnehmender Geschwindigkeit ansteigt. Damit ergibt sich eine gleichmäßigere Bremskraft über den gesamten Bremsbereich. Welchem System (Bremsspule von Bremsstrom durchflossen oder an Bremsspannung gelegt) den

[3]) Siehe Dozler, Verkehrstechnik 22 (1941) S. 12.

Vorzug zu geben ist, kann noch nicht gesagt werden, da umfangreichere praktische Erfahrungen noch nicht vorliegen.

Freigestellt ist ferner, ob die Schienenbremse als Gebrauchsbremse, also ständig schon vom ersten Bremskontakt ab, eingeschaltet wird, oder ob sie, um den starken Verschleiß an Schienen und Bremsschuhen herabzumindern, zum Verstärken der Bremswirkung lediglich von Fall zu Fall dann eingeschaltet wird, wenn die Kurzschlußbremse nicht ausreicht. Dies kann z. B. durch Zuschalten mit Hilfe von Relais geschehen, die ohne Betätigen besonderer Vorrichtungen lediglich infolge schnelleren Schaltens auf den Bremsstufen ansprechen.

Um eine noch größere Sicherheit zu gewährleisten und bei Störungen an den Motoren noch eine weitere Bremse zur Verfügung zu haben, ist ferner bei den durch Bremsstrom betätigten Schienenbremsen noch eine vom Netzstrom gespeiste Spule im Schienenbremskörper vorgesehen, die in jedem Fall auf der letzten Bremsstufe in Tätigkeit tritt, aber auch durch Heruntertreten des Sandstreufußhebels in seinem letzten Drittel oder durch Umlegen eines besonderen Schalters auf dem Fahrschaltertisch eingeschaltet werden kann. Wird normal mit Bremsspannung gearbeitet, so wird die in diesem Falle von der Spannung des als Generator laufenden Motors betätigte Spule der Schienenbremse beim Durchtreten des Sandstreuhebels im letzten Drittel seines Weges oder beim Umlegen des besonderen Schalters vom Motor abgetrennt und an Netzspannung gelegt. Beim Ausbleiben der Netzspannung schaltet ein Nullspannungsrelais selbsttätig wieder auf die Bremsspannung um. Alle Schienenbremskörper der verschiedenen Herstellerfirmen haben einheitliche Einbaumaße und erhalten die gleichen Schleifschuhe aus einem einfachen, marktgängigen Eisenprofil.

Handbremsen

Schließlich steht auch noch eine Handbremse zur Verfügung, die beim Zweiachser als Vierklotzbremse, beim Dreiachser als Achtklotzbremse, beim normalspurigen Vierachser als öldruckbetätigte Zangenbremse ausgeführt ist. Bei den meterspurigen vierachsigen Triebwagen war eine Zangenbremse nicht unterzubringen, und deshalb mußte eine öldruckbetätigte Vierklotzbremse je Drehgestell eingebaut werden.

Aus dieser aufs höchste gesteigerten Ausbildung der Bremssysteme ist zu ersehen, welche ganz besondere Bedeutung der Sicherheitsfrage beim Einheitsstraßenbahnwagen, vor allem im Hinblick auf die heraufgesetzte Geschwindigkeit, beigemessen wurde.

Fahrschalter

Ließ sich hinsichtlich der Motoren eine weitgehende Vereinheitlichung erzielen, so liegen die Verhältnisse bei den Fahrschaltern grundsätzlich anders. Der Typungsausschuß der Fachgruppe Straßenbahnen in der Reichsverkehrsgruppe Schienenbahnen ist der Auffassung, daß soweit wie möglich von dem bisher meist verwendeten Plattformschalter zum Fahrschalter unter der Mitte des Wagenfußbodens übergegangen werden sollte, um Platz für Fahrgäste auf den Plattformen zu gewinnen und um das erhebliche Gewicht der Schalter von den weit überhängenden Plattformen weg unter den Schwerpunkt des Wagens zu verlagern, was bei hohen Geschwindigkeiten für den ruhigen Lauf des Fahrzeuges von wesentlicher Bedeutung ist. Außerdem wird durch den Ersatz von zwei Fahrschaltern durch nur einen an Preis und Gewicht gespart. Mittenfahrschalter wurden bisher aber nur von wenigen Firmen entwickelt. Zudem ist die Frage, ob dem Vielstufer oder dem Feinstufer der Vorzug zu geben ist, noch durchaus offen. Eine Typung konnte also noch nicht in Betracht kommen. Beim Plattformfahrschalter, der aus diesem Grunde beim Zwei- und Dreiachser noch allgemein zugelassen werden muß und beim Dreiachser auch nicht entbehrt werden kann, weil hier für den Mittenfahrschalter kein Platz vorhanden ist, war im übrigen klar, daß nur noch der Vielstufer in Betracht kommen konnte, während der Grobstufer vollständig ausscheidet. Der Plattform- und auch der Mittenfahrschalter muß bei nicht getrennten Bremsstromkreisen mindestens 18 Fahr- und 15 Bremsstufen aufweisen. Für Vierachser sind nur noch Mittenfahrschalter zugelassen, weil die Plattformfahrschalter dabei unhandlich und schwer werden. Sämtliche Schalter werden nur noch vom sitzenden Fahrer betätigt.

Die Nullstellung der Fahrschalter wurde vereinheitlicht, und zwar liegt sie gegenüber der Wagenlängsachse unter 45 ° nach links vorwärts. Auch der Drehsinn beim Anfahren ist nunmehr endlich durch die Festlegung genormt, daß das Anfahren durch Drehen der Fahrkurbel im Uhrzeigersinn stattfindet. Für Bahnen, die noch Linksdrehsinn eingeführt haben, ist bis zum Umstellen des Gesamtbetriebes auf Rechtsdrehsinn bei den neuen Wagen das Vorschalten eines Vorgeleges notwendig. Im übrigen haben alle Vielstufer ein Vorgelege zum Vergrößern des Schaltweges erhalten, um mit geringerer Kraft auszukommen und ein zügigeres Schalten zu ermöglichen.

Stromabnehmer

Eine weitgehende Vereinheitlichung konnte bei den Stromabnehmern durchgeführt werden, die für Bügelbahnen nur noch als Scherenstromabnehmer in einer einzigen Ausführung verwendet werden dürfen. (Bild 7). Als Schleifstück-Werkstoff kommt nur noch Kohle in Betracht, weil diese den Fahrdraht am meisten schont, keiner besonderen Schmierung bedarf und die geringsten Rundfunkstörungen sowie die schwächste Funkenbildung am Fahrdraht (Verdunkelung) bewirkt. Das stärkere Verschmutzen der Wagen muß demgegenüber in Kauf genommen werden. Genormt sind ein gerades Flachkohle- und ein gerades Dreikantkohle-Schleifstück. Außer dem geraden Schleifstück kann je nach der Art der Leitungsaufhängung auch ein genormtes gebogenes Schleifstück benutzt werden, dessen Geradführung jedoch erst nach ausreichender praktischer Erprobung vereinheitlicht werden soll. Alle anderen Teile und Maße, Toleranzen und Werkstoffe sind bindend festgelegt.

Wagen für Bahnen mit Rollenstromabnehmer dürfen wegen der im Vergleich zur Rolle geringeren Funken-

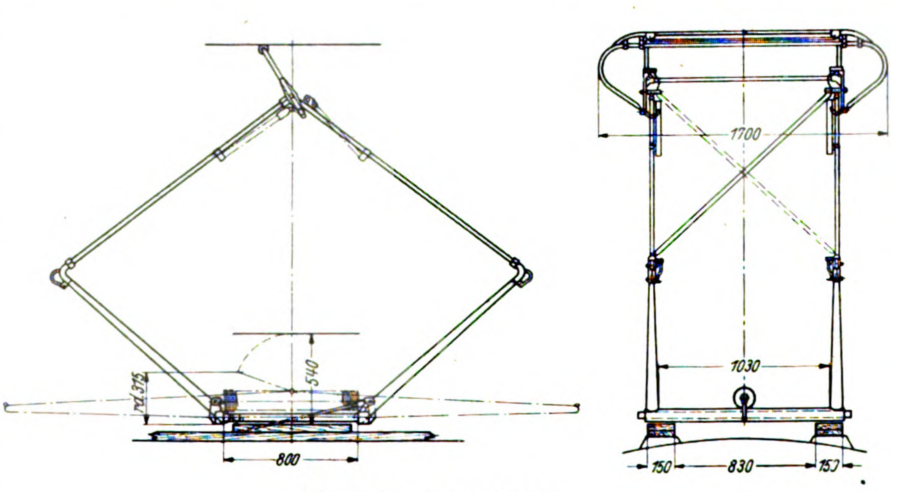


Bild 7. Scherenstromabnehmer.

bildung und besseren Schmierung nur noch mit Gleitschuh geliefert werden.

Sonstige Starkstromausrüstung

Überstromschalter

Beim Überstromschalter mit Selbstauslösung ist festgelegt, daß je Triebwagen zwei niedrig gebaute Nockenschalter im Plattformdach auf einem Grundrahmen mit einheitlichen Befestigungsmaßen eingebaut werden. Zur vereinfachten Wartung sind die Schalter mit dem Grundrahmen nach unten herausklappbar. Es gibt nur noch eine Betätigung, nämlich die durch Drehgriff, wobei durch Drehen im Uhrzeigersinn eingeschaltet wird.

Heizung

Die Heizung kann bei den Triebwagen als Nutzheizung, Netzstromheizung oder Verbundheizung ausgeführt werden. Bei der Nutzheizung ist bei Vielstufern, wie bisher schon ziemlich allgemein üblich, ein Satz Anfahr- und Bremswiderstände im Sitzraum des Wagens unter den Sitzen angebracht; der zweite Satz für den Sommerbetrieb befindet sich auf dem Dach. Vorhanden sind zwei Heizstufen. Die einzubauende Heizleistung, für die für jede Wagengröße je drei Werte festgelegt sind, richtet sich nach dem Klima des Betriebsortes und der Wagenbauart (Trennwände zwischen Sitzraum und Plattform). Hierbei werden zwei Heizkörpergrößen zu 400 bzw. 1000 W verwendet, die diese Leistung abgeben, wenn den Widerständen beim Anfahren und Bremsen ausreichende elektrische Energie zugeführt wird, um eine Oberflächenübertemperatur von 80° C zu erzielen. Hieraus ergibt sich auch der Nachteil dieser Heizungsart, der in ihrer Abhängigkeit von den Betriebsverhältnissen besteht (Haltestellenabstand, Steigungen, Beschleunigung und Verzögerung, Zugzusammensetzung, Besetzung). Auch ist ein Vorwärmen der Wagen vor Betriebsbeginn nicht möglich. Dagegen ist die Heizung billig im Betrieb, da kein zusätzlicher Strom aus dem Netz entnommen wird. Als Heizkörper für Nutzheizung werden heute nur noch Speicherheizkörper verwendet, bei denen die stoßweise erzeugte Wärme gespeichert und gleichmäßig abgegeben wird.

Beim Feinstufer ist die Nutzheizung entweder so eingerichtet, daß die unter dem Wagenfußboden sitzenden Widerstände die von außen angesaugte Luft erwärmen, die durch Lüfter in den Sitzraum gedrückt wird, oder erwärmtes Wasser läuft durch Heizrohre im Sitzraum um.

Bei der Netzstromheizung geschieht die Speisung in zwei Stromkreisen etwa gleicher Leistung vom Netz aus, ist also vom Betrieb unabhängig und ermöglicht ein Vorwärmen der Wagen, jedoch ist der Betrieb verhältnismäßig teuer. Der eine Stromkreis wird von Hand eingeschaltet, der andere durch einen Wärmefühler geregelt. Die gleichen drei Größen von Heizleistungen wie bei der Nutzheizung werden mit Hilfe von Heizkörpern induktionsarmer Bauart erreicht, die 2 × 150 W bzw. 2 × 300 W leisten. Jede halbe Heizkörperwicklung ist für $\frac{600}{2}$ V berechnet, und je zwei Halbwicklungen verschiedener Heizkörper sind in Reihe geschaltet. Von jedem Heizkörper liegt die eine Halbspule im geregelten, die andere im nicht geregelten Stromkreis, um ein gleichmäßigeres Erwärmen auch dann zu erreichen, wenn nicht die Höchstleistung entnommen wird.

Bei der Verbundheizung, die die Vorzüge dieser beiden Heizungsarten in sich vereinigt, ist sowohl ein Nutzkreis als auch ein Netzstromkreis vorhanden. Sie dürfte in der Mehrzahl der Fälle angewendet werden. Dabei liegen im Netzstromkreis die Wicklungen der Heizkörper sämtlich parallel an 600 V und werden durch Wärmefühler geregelt. Die Verbundheizung ist zwar teurer in der Anschaffung, aber billiger im Betriebe als die Netzstromheizung; Vorwärmen ist möglich.

Beim Beiwagen kommt entweder eine reine Netzstromheizung in der gleichen Ausführung wie beim Triebwagen oder eine Warmwasserheizung mit Ofen in Betracht.

Wagenbeleuchtung

Die Wagenbeleuchtung ist teils in Einkreisschaltung an die Netzspannung von 600 V, teils an die Kleinspannung von 12 V, die weiter unten behandelt wird, angeschlossen. An 600 V ist über einen Kleinautomaten ein Stromkreis angeschlossen, der alle gleichzeitig brennenden Lampen sowohl der Innen- als auch der Außenbeleuchtung mit Ausnahme des Scheinwerfers umfaßt. Diese Lampen für 25 V und 25 W sind mit einer Strombrücke ausgerüstet, die bewirkt, daß beim Durchbrennen des Fadens die Lampe überbrückt wird und der Stromkreis infolgedessen nicht erlischt[4]). Je nach der Betriebsspannung und der Lampenzahl — bei den Beiwagen fallen die Außenlampen fort — kann ihnen ein fester oder ein Eisenwasserstoffwiderstand vorgeschaltet sein. An die Kleinspannung sind angeschlossen: der Scheinwerfer, das Schluß- und das Bremslicht, die Trittstufenbeleuchtung, die Wagennotbeleuchtung, die Fahrerplatzbeleuchtung und eine Steckdose für den Anschluß einer Handlampe für Reparaturarbeiten. Selbstverständlich wird auch den Vorschriften über die Verdunkelung Genüge geleistet, und zwar durch dichte Vorhänge vor den Seitenfenstern sowie durch Tüllen über den Lampen und blaue Vorsatzglasscheiben.

Belüftung

Belüftet wird außer durch die herablaßbaren Endfenster des Sitzraumes und das Schiebefenster der Plattform durch zwei Lüfter, die mittels zweier 220 V-Motoren angetrieben werden, die mit einem Vorschaltwiderstand in Reihe an 600 V liegen.

Kupplung

Die selbsttätige elektrische Kupplung ist mit der ebenfalls selbsttätigen mechanischen vereinigt und enthält 8 Kontakte für 600 V und 11 Kontakte für 12 V. Um zu verhindern, daß die Kontakte für die Netzstromkreise der Schienenbremsen sowie der Beleuchtung und Heizung beim Entkuppeln unter Spannung stehen, betätigen diese Kontakte beim Trennen der Kupplungen mittels Hilfsstromes im Wagen eingebaute Schnell-Trennschalter, die die Kontakte spannungslos machen und so das Entstehen von Lichtbogen verhüten. Ein sich selbsttätig schließender Deckel bildet einen Berührungsschutz und verhindert die Verstaubung. Vorläufig sind zwei verschiedene Ausführungen zugelassen, und zwar von den Firmen Scharfenberg und Compakt.

Überspannungsschutz

Als Überspannungsschutz werden an Stelle der bisher meist üblichen Hörnerblitzableiter nur noch die bekannten neuzeitlichen Ableiter verwendet.

Elektrischer Türantrieb

Solange bei den Straßenbahnwagen auf der vorderen Plattform in Fahrtrichtung rechts nur eine einfache Tür vorhanden war, konnte sie notfalls vom stehenden Fahrer mit bedient werden. Da die Einheitswagen aber zur beschleunigten Abfertigung an den Haltestellen auch vorn eine Doppeltür haben und der Fahrer in Zukunft grundsätzlich sitzt, kommt nur noch ein Betätigen in Betracht, bei dem der Fahrer seinen Platz nicht zu verlassen braucht. Da Druckluft im Einheitswagen nicht vorhanden ist, werden alle drei zugelassenen Türantriebe elektrisch betätigt und arbeiten entweder mit Motoren oder mit Solenoiden, die für 220 V bemessen sind und mit Vorwiderständen am 600 V-Netz liegen. Sie sind in der Dachwölbung über der Tür verdeckt eingebaut und durch eine Klappe zugänglich.

---

4) Heiß, Verkehrstechnik 21 (1940) S. 269

In jedem Falle ist bei den Einheitsstraßenbahnwagen vorgesehen, daß die rechte vordere Doppeltür durch den elektrischen Antrieb geschlossen werden kann. Wahlweise kann sie elektrisch geöffnet und geschlossen werden. Schließlich besteht noch die Möglichkeit, alle Türen elektrisch zu schließen oder alle Türen elektrisch zu öffnen und zu schließen.

Geschwindigkeitsmesser

Bisher hatten Straßenbahnwagen nur ganz selten einen Geschwindigkeitsmesser. Das ist auf die Dauer nicht tragbar; denn zu einem neuzeitlichen Verkehrsmittel gehört ein Geschwindigkeitsmesser, der im Einheits-Triebwagen deshalb auch vorgeschrieben ist. Der heutige Verkehr mit seinen auch für die Straßenbahnen wesentlich heraufgesetzten Geschwindigkeiten bedingt eine genaue Geschwindigkeitskontrolle und kann sich nicht mehr mit Schätzungen behelfen. Das beim neuen Einheits-Triebwagen vorgesehene, von der Dresdner Straßenbahn und dem Sachsenwerk entwickelte Gerät besteht aus Geber und Anzeigegerät. Der Geber ist ein Wechselstrominduktor, dessen Ständer im Deckel eines der Achsrollenlager sitzt. Der Ständer besteht aus einem Blechpaket mit ausgeprägten Polen, welche mit Spulen versehen sind. Der Läufer wird aus einem Eisenkörper hergestellt, auf dem die Dauermagnete aus Spezialstahl befestigt und überschliffen sind. Der Luftspalt kann klein gehalten werden, da der Verschleiß der Rollenlager gering ist. Die in den Spulen des Ständers erzeugte Wechselspannung wird zum Anzeigegerät auf dem Fahrertisch geleitet und zeigt nach Gleichrichten in einem Drehspulinstrument die Geschwindigkeit in km/h an.

Die Kleinspannungsanlage

Batterie

Batterien fanden sich in Straßenbahnwagen in Deutschland nur in vereinzelten Fällen und meist lediglich zu Versuchszwecken. Für die Einheitsstraßenbahnwagen sind sie vorgeschrieben. Ausschlaggebend hierfür war die Rücksicht auf den Scheinwerfer und die optisch-akustische Signalanlage. Für den Scheinwerfer besteht die Vorschrift, daß ein Wagen nur so schnell fahren darf, als der sich aus Geschwindigkeit und Bremsverzögerung ergebende Bremsweg durch seinen Scheinwerfer genügend erhellt ist; dies führt mit steigenden Geschwindigkeiten zu größeren Reichweiten des Scheinwerfers. Bisher lagen die Scheinwerfer der Straßenbahnwagen meist mit 4 weiteren Lampen in Reihe an 600 V, waren also für 120 V bestimmt und hatten einen dementsprechend langen Leuchtfaden. Je weiter der Scheinwerfer aber reichen soll, desto enger gebündelt muß das Licht sein, d. h. der Leuchtfaden muß um so genauer im Brennpunkt des Spiegels sitzen. Das ist nur erreichbar, wenn man auf Kleinspannung heruntergeht, und so kam man zur 12 V-Batterie, die den Scheinwerfer gleichzeitig von der Oberleitungsspannung unabhängig macht. Da ein Sammler im Straßenbahnbetrieb verhältnismäßig kleinen, aber ziemlich harten Stößen ausgesetzt ist, kam ein Bleiakkumulator nicht in Betracht, vielmehr wurde ein Nickel-Kadmium-Sammler gewählt, von dem man etwa die fünffache Lebensdauer erwartet. Er erhält einen überhöhten Laugeraum, damit nur selten nachgefüllt werden muß. Seine Speicherfähigkeit beträgt im Triebwagen 46 Ah und im Beiwagen 22 Ah.

Lademaschine

Da die an der Batterie liegenden Verbraucherkreise einen recht erheblichen Stromverbrauch haben, kam die bekannte Tropfenladung nicht in Betracht, sondern man entschloß sich, eine Lichtmaschine von 500 W einzubauen, welche von einem 600 V-Motor angetrieben und im Laufgestell untergebracht wird. Die stark wechselnde Umdrehungszahl bedingt einen Regler zur Spannungsregelung. Die Lichtmaschine des Triebwagens dient zum Aufladen der Batterie sowohl des Trieb- als auch des Beiwagens.

Kleinspannungsverbraucher

An die Batterie sind angeschlossen: Scheinwerfer, Schlußlicht, Bremslicht, Notbeleuchtung, Trittstufenbeleuchtung, optisch-akustische Signalvorrichtung, Fahrtrichtungsanzeiger, Warnglocke, Scheibenwischer und Abrufanlage. Der Scheinwerfer wird zur Zeit noch entwickelt. Bei ihm muß mit einer Lampe die Wirkung der zwei Lampen des Kraftwagens, insbesondere auch die größere Breitenstreuung, erzielt werden. Außerdem sind hinsichtlich der Blendungsfreiheit Fortschritte gegenüber den bisherigen Ausführungen zu erwarten. Die Verdunkelungseinrichtung soll fest eingebaut werden. Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen.

Schluß- und Bremslicht werden in einem Gehäuse vereinigt. Ein Bremslicht ist zwar für Straßenbahnen bisher deshalb nicht vorgeschrieben, weil für das Unterbringen eines 600 V-Kontaktes in den vorhandenen Fahrschaltern kein Raum verfügbar ist. Bei den Einheitsstraßenbahnwagen ist aber wegen der Batterie ein Bremslicht leicht ausführbar, und so war es eine Selbstverständlichkeit, daß es vorgeschrieben wurde, zumal es zur Erhöhung der Sicherheit zweifellos beiträgt. Es ist jeweils von der ersten Bremsstufe des Fahrschalters an eingeschaltet.

Bei Ausfall der Oberleitungsspannung kann von Hand eine Notbeleuchtung mit je einer Lampe im Sitzraum und auf den Plattformen des Wagens eingeschaltet werden. Eine Trittstufenbeleuchtung, bei den Türen in der Fahrtrichtung rechts brennend, ist ebenfalls vorgesehen.

Von erheblicher Bedeutung für den Betrieb ist die optisch-akustische Signalanlage. Bisher wurde zum Verständigen zwischen Schaffner und Fahrer bzw. umgekehrt fast ausnahmlos ein Glockenzug benutzt. Er genügt neuzeitlichen Ansprüchen nicht mehr, nicht etwa nur deshalb, weil er das Bild des Wagen-Innenraums stark beeinträchtigt, sondern vor allem, weil er beim Zugbetrieb eine nicht unerhebliche Verzögerung an den Haltestellen mit sich bringt, da jeweils der Schaffner des vorhergehenden Wagens eines Zuges erst abklingeln kann, wenn der Schaffner des nachfolgenden Wagens das Zeichen zur Abfahrt gegeben hat. Hierbei muß aber gerade jede Sekunde eingespart werden, denn bei etwa 1000 Haltestellen, die ein Zug im Laufe des Tages durchfährt, summieren sich solche Aufenthaltsverkürzungen unter Umständen zur Einsparung eines ganzen Zuges und sind somit von erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung. Während dieser Wartezeit kann der Schaffner sich außerdem seiner Hauptaufgabe, nämlich der Fahrgastabfertigung, nur beschränkt widmen, was die Zahl der Schwarzfahrer erhöht. Ähnlich liegt es bei der Weitergabe des Haltesignals an den Haltestellen, an denen nicht in jedem Falle gehalten werden muß. Auch hier muß das Signal, selbst wenn nur aus dem dritten Wagen ein Fahrgast aussteigen will, von Schaffner zu Schaffner weitergegeben werden. Weiterhin hat die Glocke den Nachteil, daß bei stärkerem Straßenlärm der Schaffner ein Signal des neben ihm haltenden, in der entgegengesetzten Richtung fahrenden Zuges für das Abfahrtzeichen seines nachfolgenden Wagens halten kann und abfahren läßt, was nicht selten zu Unfällen geführt hat.

Auch die Verständigung vom Fahrer zum Schaffner läßt beim Klingelzug in den Fällen zu wünschen übrig, in denen die schnelle Zeichenübermittlung gerade am dringendsten ist, nämlich beim Versagen der Betriebsbremsen. Dann müssen die Schaffner der Beiwagen angewiesen werden, auch ihrerseits beschleunigt die Handbremse zu bedienen, um den Zug zum Stehen zu bringen. Das Signal hierzu kann aber mit dem Klingelzug vom Fahrer nur bis zu seinem Schaffner gegeben werden, da der Klingelzug zwischen den Wagen unterbrochen ist. Vom Schaffner

des Triebwagens kann es zum Schaffner des ersten Beiwagens und von dessen Schaffner zum zweiten Beiwagen nur mit der Mundpfeife weitergegeben werden. Was für eine Verzögerung das bedeutet, zumal wenn man bedenkt, daß sich die Schaffner im entscheidenden Augenblick vielleicht gerade im Innern des Wagens befinden, bedarf keiner weiteren Erörterung.

Alle diese Nachteile lassen sich ausschalten beim Verwenden einer optisch-akustischen Signalvorrichtung, die von der in den Wagen vorhandenen 12 V-Batterie gespeist wird. Selbstverständlich können hiermit alle im § 31 der Bau- und Betriebsvorschriften für Straßenbahnen verlangten Signale einwandfrei gegeben werden. Zu diesem Zwecke sind im Wagen verteilt grüne und rote Druckknöpfe angebracht. Soll abgefahren werden, wird einmal auf einen grünen Knopf gedrückt. Hierbei leuchten grüne Lampen in dem Wagen auf, der abfahrtbereit gemeldet wird. Beim Fahrer erscheint ein Signal aber erst, wenn die Abfahrtzeiten von allen Wagen des Zuges gegeben sind, da sie bis zum Eintreffen des zuletzt meldenden Wagens gespeichert werden. Die Anlage ist so durchgeführt, daß sich weder Fahrer noch Schaffner um die Zugzusammensetzung zu kümmern brauchen und daß erst nach Eintreffen sämtlicher Abfahrtsignale auf dem Schaltertisch des Fahrers eine grüne Lampe aufleuchtet, wodurch gleichzeitig die rote Haltlampe gelöscht wird. Zugleich ertönt ein Summer. Nach Abfahrt wird die grüne Lampe mit Hilfe einer Löschtaste vom Fahrer gelöscht. Will der Schaffner eines Wagens, daß der Zug an der nächsten Haltestelle hält, so drückt er einmal auf einen der roten Knöpfe. Sogleich erscheint beim Fahrer ein rotes Licht, und eine Hupe ertönt so lange, als der rote Knopf gedrückt wird. Dieses Hupenzeichen ertönt auch in allen anderen Wagen, so daß die übrigen Schaffner kein Signal zum Halten mehr zu geben brauchen. Beim Notsignal vom Schaffner zum Fahrer drückt der Schaffner dreimal auf einen der roten Knöpfe, worauf beim Fahrer rotes Licht aufleuchtet und ein dreimaliges Hupensignal ertönt.

Das Notsignal in umgekehrter Richtung vom Fahrer zum Schaffner wird gegeben, indem der Fahrer einen Kipphebel auf seinem Schalttisch umlegt. Dann ertönen die Hupen im ganzen Zug, während der Fahrer sofort die Hände zum Betätigen der Handbremse frei bekommt. Da die bei Straßenbahnen schon vorhandenen optisch-akustischen Signalvorrichtungen den oben dargelegten Forderungen meist nicht restlos zu entsprechen vermochten, wurden drei Systeme ermittelt, die hierzu geeignet waren. Sie sind zunächst alle drei in den Einheitswagen zugelassen und so abgestimmt, daß die Bedienung durch das Personal in allen Fällen genau gleich ist. Aus den Erfahrungen der Praxis heraus soll dann das bestgeeignete System festgestellt und später als einzig zugelassenes vorgeschrieben werden.

An der Batterie liegt weiter der Fahrtrichtungsanzeiger, der beim Einheitsstraßenbahnwagen an Stelle der festen roten Lampe als Pendelwinker ausgebildet ist, um eine augenfälligere Umrißveränderung zu bewirken und eine möglichste Übereinstimmung mit den Kraftfahrzeugen herbeizuführen. Wegen der häufig nur geringen Breite der Fahrspur neben der Straßenbahn und der Breite der überholenden oder zu überholenden Fahrzeuge ist der Pendelwinker auch noch in Fahrtrichtung umklappbar, was nur bei Verwenden von Kleinspannung durchführbar ist. Das Auswechseln des ganzen Winkers im Schadensfalle dauert nicht viel länger als das einer Lampe.

Von der Batterie wird weiterhin eine vom Fahrer mit dem Fuß zu betätigende elektrische Warnglocke gespeist, der als Reserve eine mechanisch betätigte Glocke beigegeben ist. Der Scheibenwischer wird durch normale Kleinspannungsmotoren angetrieben, von denen zwei mechanisch gekuppelt sind, um die nötige Leistung zu ergeben.

Wahlweise kann auch noch eine Abrufanlage eingebaut werden, mit deren Hilfe der Fahrer in allen Wagen des Zuges die nächste Haltestelle ansagen kann, damit sich die Fahrgäste rechtzeitig an den Ausgang begeben, wodurch die Abfertigung an den Haltestellen wesentlich beschleunigt wird. Die Anlage kann bei entsprechender Anordnung der Lautsprecher auch zur Ansage an die an den Haltestellen wartenden Fahrgäste dienen.

Die vorgesehenen Sammler haben also das Einführen einer Reihe von Vorrichtungen bei den deutschen Straßenbahnen ermöglicht, welche zweifellos wesentliche Verbesserungen darstellen. Die durch jede Batterie verursachten Mehrkosten müssen deshalb mit in Kauf genommen werden; sie werden sich bestimmt lohnen.

Zusammenfassung

Die obigen Ausführungen dürften dargelegt haben, daß die deutschen Straßenbahnen bei der Schaffung ihrer Einheitswagen alles daran gesetzt haben, um ihren Fahrgästen ein neuzeitliches Fahrzeug zur Verfügung zu stellen.

Die neuen Einheitsstraßenbahnwagen

DK 625.62

Im Jahre 1939 beförderten sämtliche deutschen Verkehrsmittel zu Lande 7,9 Mrd Personen[1]) und leisteten dabei etwa 85 Mrd Personenkilometer. Hiervon beförderten die Schienenbahnen allein 5,4 Mrd Fahrgäste. Bei einer Untersuchung des Personennahverkehrs ergibt sich, daß von allen Nahverkehrsmitteln die Straßenbahnen mit 74,4 % den Hauptanteil besitzen. Die Gründe hierfür liegen in der Entwicklung bedingt. Außerdem hat die Straßenbahn als Massenverkehrsmittel verkehrstechnische, betriebliche und wirtschaftliche Vorzüge[2]), so daß ihre Notwendigkeit auch im zukünftigen deutschen Stadtverkehr gewährleistet ist. Um die infolge steigenden Kraftfahrzeugverkehrs ansteigende Straßenbahnfeindlichkeit nicht durch überalterte und unzeitgemäße Verkehrseinrichtungen noch weiter zu vergrößern, wurden schon vor Jahren von verschiedenen Stellen Bestrebungen zur Vereinheitlichung von Straßenbahnwagen mit geringem Erfolg eingeleitet. Im Laufe der Zeit war bei den verschiedenen Straßenbahngesellschaften eine große Zahl unterschiedlicher Straßenbahnwagen entstanden, die für ihre Herstellung und Instandsetzung meist die erheblichen Kosten einer Einzelfertigung erforderten; hierdurch war allerdings erzielt, daß durch die freie Entfaltung der Konstruktionstätigkeit und des Erfindergeistes einzelne vorbildliche Straßenbahnwagen herausgearbeitet waren. Durch den erreichten Entwicklungsstand und die Notwendigkeit, durch Ersparnismaßnahmen endlich die berechtigten Forderungen nach neuzeitlichen Verkehrsmitteln der Verwirklichung näherzubringen, die Fortschritte allen Bahnen zugänglich zu machen, die Zulieferung von Einzelteilen zu vereinfachen und die gegebene Rohstofflage in einer für alle möglichst günstigen Weise auszuwerten, setzten seit 1938 tatkräftige Bestrebungen ein, einen deutschen Einheitsstraßenbahnwagen zu schaffen, der alle genannten Probleme löst. Der bei der Reichsgruppe Schienenbahnen, Fachgruppe Straßenbahnen, gebildete besondere Typungsausschuß besteht aus Vertretern von Straßenbahnverwaltungen, Wagenbau- und Elektrizi-

[1]) G. Galle, Die deutschen Straßenbahnen im Rahmen des Personennahverkehrs. Großdtsch. Verkehr 35 (1941) S. 81.
[2]) E. Tschanter, Sind Straßenbahnen noch zeitgemäß? Rdsch. Dtsch. Techn. 21 (1941) Nr. 13, S. 2.

tätsfirmen und gestaltet die Einheitsstraßenbahnen, die bei Neuanschaffungen durch ministeriellen Erlaß vorgeschrieben sind[3]). Im folgenden wird über den Entwicklungsstand zusammenfassend berichtet[4]).

Die **Vorteile der Wagennormung** bestehen für die Hersteller darin, daß sich die Entwurfs- und Zeichenarbeiten in den Konstruktionsbüros dadurch erheblich vermindern, Arbeitskräfte und Werkstätten durch Reihenfertigung und Bandarbeit dagegen merklich höher ausnutzen lassen. Die Lagerhaltung der Teile wird sehr vereinfacht. Bei den Straßenbahnunternehmungen können neuzeitliche Wagen die Reisegeschwindigkeit erhöhen und den Verkehrsfluß fördern. Auch auf die Unterhaltung, Verwaltung und Bedienung wirkt sich die Wagennormung günstig aus.

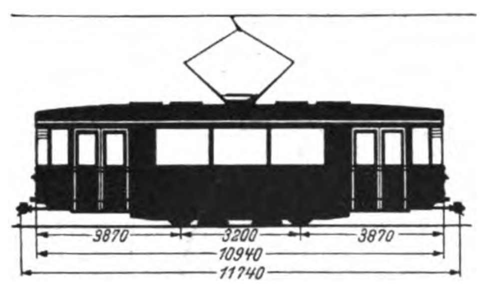
Nach den bei Beginn der Normung angestellten Erhebungen über die vorhandenen Bahnanlagen ist mit einer geringen **Typenzahl der Wagen** auszukommen, womit sämtliche verkehrlichen Bedürfnisse befriedigt werden können, während besondere betriebliche Anforderungen zu mehreren motorischen Ausrüstungen und damit zu mehreren Untertypen führten. Grundsätzlich wird bei der Typung zwischen Trieb- und Beiwagen, zwischen Zwei-, Drei- und Vierachsern sowie Regel- und Meterspur unterschieden, womit sich die 12 Haupttypen der Einheitsstraßenbahnwagen ergeben (Bild 1). Die in Tafel 1 angegebenen Hauptabmessungen der Wagen sind zur weitgehenden Übereinstimmung gebracht und bilden nur zwei Größennormen, die eine für Zwei- und Dreiachser, die andere für Vierachser. Größenmäßig stimmen jeweils Trieb- und Beiwagen überein. Die Vereinheitlichung erschöpfte sich aber nicht in der Schaffung weniger Wagentypen, sondern führte zu einer weitgehenden Normung der Einzelteile nach Begriffen, Formen, Maßen und Stoffen. Auch Walz- und Gußteile, Bleche und Profile, Holzteile, Türen und Fenster, Haltestangen, Beschläge, Lampenfassungen und andere Bauteile jedes Wagens wurden genormt und diese Teile in den verschiedenen Wagentypen möglichst vielseitig verwendet, um Werkstoffverwendung und Verarbeitung möglichst günstig gestalten zu können.

Tafel 1. Hauptabmessungen der Wagen.

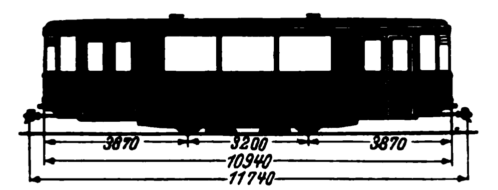
	Zweiachser mm	Vierachser mm
Drehzapfenabstand	3 200	5 300
Achsstand beim Drehgestell	3 200	1 800
Laufkreisdurchmesser	760	660
Wagenlänge über Stirnwand	10 940	13 260
Wagenlänge über Kupplung	11 740	14 060
Länge des Sitzraumes	5 800	8 120
Höhe der ersten Trittstufe über Schienenoberkante	390	390
Höhe der zweiten Trittstufe	310	310
Fußbodenhöhe im Sitzraum über der Plattform	180	180
lichte Wagenkastenhöhe im Sitzraum	2 188	2 188
äußere Wagenbreite	2 200	2 200

Für die **Grundrißgestaltung** wurden beim Zweiachser 2200 mm Breite mit 2030 mm Innenmaß zugrunde gelegt, womit bei 5800 mm Länge der mittlere rechteckige Innenraumteil festliegt. Die beiden Plattformgrundrisse wurden als Mittelding zwischen einem Trapez mit breiter Stirnseite und der spitzen Form des bewährten Dresdener Hechtwagens ausgebildet. Der vorgesehene Doppeleinstieg ermöglicht raschen Fahrgastwechsel. Die Wagenkasten bestehen aus einem geschweißten Stahlgerippe mit guter Sicht für den stehenden oder sitzenden Fahrgast durch große Fensterflächen. Für die Sitzplatzanordnung wurden wahlweise verschiedene Möglichkeiten vorgesehen[5]).

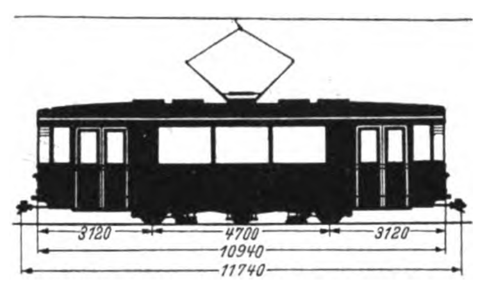
Für die **mechanische Ausführung** der Wagen ist die vielfache Anwendung von Schweißkonstruktionen und die durchgehende Benutzung metrischer Gewinde kennzeichnend. Für die Paßflächen und Sitze der Laufräder bzw. Radsätze aus Sonderstahl mit 70 bis 80 kg/mm² Zugfestigkeit sind die ISA-Passungen[6]) vorgeschrieben. Das Laufgestell der Wagen ist vollständig geschweißt. Für die Einheitswagen ist doppelte Federung, d. h. eine Wiegenfederung und eine besondere Achs-



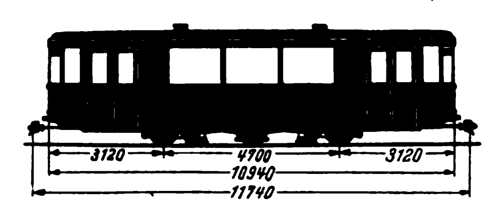
Zweiachsiger regelspuriger oder meterspuriger Einheits-Triebwagen ET 2 r und ET 2 m



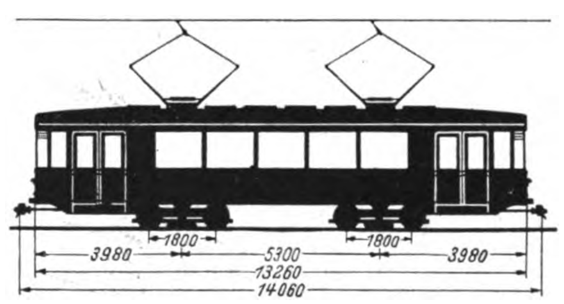
Zweiachsiger regelspuriger oder meterspuriger Einheits-Beiwagen EB 2 r und EB 2 m



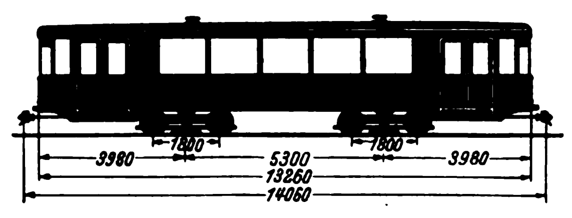
Dreiachsige Einheits-Triebwagen ET 3 r und ET 3 m



Dreiachsige Einheits-Beiwagen EB 3 r und EB 3 m



Vierachsige Einheits-Triebwagen ET 4 r und ET 4 m



Vierachsige Einheits-Beiwagen EB 4 r und EB 4 m

Bild 1. Die 12 Haupttypen der Einheitsstraßenbahnwagen.

[3]) S. a. den VDE-Jahresbericht über Straßenbahnen. ETZ 62 (1941) H. 31/32, S. 690/91.
[4]) Nach dem Sonderheft über Einheitsstraßenbahnwagen. Verkehrstechnik 22 (1941) H. 11/12, S. 158/225 mit mehreren Fachbeiträgen, zahlreichen Bildern und Tafeln.
[5]) S. a. O. Willenberg, Einheitsstraßenbahnwagen für deutsche Verkehrsunternehmungen. ETZ 62 (1941) H. 44/45, S. 882.
[6]) Dieses Passungssystem ist auch bei den elektrischen Bahnen eingeführt. H. Schilling, ISA-Passungen. Elektr. Bahnen 17 (1941) S. 95.

bruchfederung, vorgesehen. Als mechanische Bremsen dienen Vierklotzbremsen. Für die mechanische Kupplung zweier regelspuriger Wagen ist die selbsttätige Compactkupplung in Aussicht genommen, während die meterspurigen Wagen Scharfenbergkupplungen erhalten sollen. Sandstreuer und Fangvorrichtungen sind neuzeitliche Konstruktionen. Besondere Einrichtungen sorgen für ausreichende Belüftung des Wageninneren. Die Innenausstattung der Wagen wurde nicht vereinheitlicht und kann ebenso wie der Außenanstrich frei gewählt werden. Einheitlich ist aber für alle Triebwagen der gepolsterte Fahrersitz, der bei Nichtbenutzung um zwei Gelenke herumgeklappt werden kann.

Die Motoren wurden stärker als bisher üblich bemessen, um durch Anfahrbeschleunigungen von 0,6 bis 1 m/s² höhere Reisegeschwindigkeiten zu erzielen. Die Bremsverzögerungen werden bis zu 1,5 m/s² betragen. Für die Zweiachser wurden Einheitsmotoren mit 60 oder 75 kW Stundenleistung als wählbar vorgesehen, die Vierachser erhalten 60 oder 50 kW-Motoren. Die Motoren der verschiedenen Hersteller stimmen jeweils hinsichtlich Leistung, Nennspannung, Drehzahl, Bauart, in den Einbaumaßen, äußeren Abmessungen und Kennlinien überein, so daß ein leichter Austausch möglich ist. Als Nennspannung wurde die bisher am meisten bei Straßenbahnen vorhandene Spannung von 600 V zugrunde gelegt, wobei Spannungsschwankungen um + 20 und — 33⅓ % zulässig sind. Die Motoren besitzen vier Haupt- und vier Wendepole. Zum Einbau ist die Tatzlagerbauart vorgesehen.

Hinsichtlich der Schaltausrüstung ist die Entscheidung über die Fahrschalter noch nicht so weit geklärt, daß schon eindeutige Festlegungen möglich sind. Außer Plattform-Fahrschaltern können viel- oder feinstufige, handbetätigte oder halbselbsttätige zentral gelagerte Schaltwerke bei den Zweiachsern eingebaut werden. Die Vierachser werden mit Zentralfahrschaltern ausgerüstet. Für die elektrische Bremsung erscheint die Kreuzschaltung vorteilhaft. Für alle Wagengattungen wurden mindestens zwei Schienenbremsen je Fahrzeug bzw. Drehgestell festgelegt. Die Vereinheitlichung der Scherenstromabnehmer ist bereits zum Abschluß gebracht, so daß alle Triebwagen einheitlich damit ausgerüstet werden.

Für die elektrischen Hilfseinrichtungen erschien die Verwendung von Kleinspannung vorteilhaft. Die Fahrzeuge erhalten deshalb Nickel-Kadmium-Sammler für 12 V, die Triebwagen angetriebene Lademaschinen. An die Kleinspannungsanlage werden als Verbraucher angeschlossen: Scheinwerfer, Schlußlicht, Bremslicht, Warnglocke, die neuartige optisch-akustische Einrichtung zur Signalgebung zwischen Schaffner und Fahrer, Fahrtrichtungsanzeiger, Scheibenwischer, Notbeleuchtung, Abrufanlage und Trittstufenbeleuchtung. Notfalls kann auch eine bequem einzubauende Lautsprecheranlage zur Haltestellenansage und für ähnliche Zwecke von der Kleinspannungsanlage gespeist werden. Als Schutz für Motoren und Fahrschalter erhalten die Einheitstriebwagen zwei Überstromschalter mit Selbstauslösung. Zur Heizung wird im Winter bei den Triebwagen Nutzstromheizung in Verbindung mit Netzstrom anwendbar; für die Beiwagen ist Netzstromheizung vorgesehen. Die zur Wagenbeleuchtung ausgesuchten 25 W-Glühlampen für 25 bis 40 V und 1 A haben Einkreisschaltung und besitzen Strombrücken, so daß bei Beschädigung einer Lampe die übrigen des Kreises nicht verlöschen. Zum Überspannungsschutz erhalten die Wagen spannungsabhängige Widerstands- oder Kathodenfallableiter. Für die in Fahrtrichtung befindliche vordere rechte Außentür ist eine Türbetätigung mit elektrischem Antrieb in drei Bauarten entwickelt. Der Fahrdienst wird durch einen elektrischen Geschwindigkeitsmesser, der aus einem Geber und einem Zeigergerät besteht, erleichtert. E. T.

Neuartiges elektrisches Anemometer

DK 621.317.39

Das in Bild 1 schematisch dargestellte Anemometer besteht aus einer V-förmigen Windfahne, die an einem Metallrohr befestigt ist, das sich in einem Kugellager dreht und mit einem Kommutator mit 64 Lamellen verbunden ist.[1]) Zwischen diese

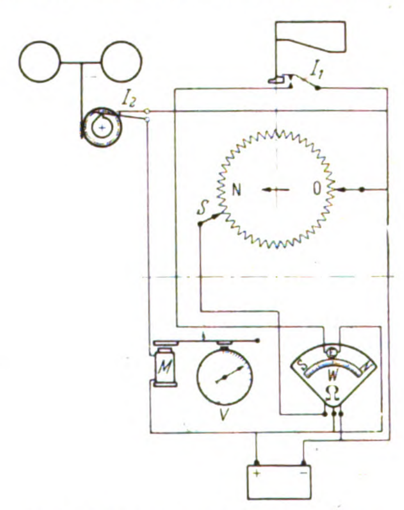


Bild 1. Schema des elektrischen Anemometers.

Lamellen sind passend abgeglichene Widerstände geschaltet, deren Gesamtwiderstand zwischen einem Festpunkt O und der auf dem Kommutator schleifenden Bürste S durch ein Kreuzspulohmmeter gemessen wird. Bei einer vollständigen Umdrehung des Kommutators vollführt der Zeiger des Ohmmeters einen Hin- und Rückgang auf dessen Skala. Der Nullpunkt entspricht einer Drehung der Windfahne nach Süden und der Vollausschlag einer Drehung nach Norden. Eine beliebige Zwischenstellung des Zeigers gibt eine Windrichtung zwischen Süden und Norden entweder über Osten oder Westen an. Wenn die Drehung der Windfahne von Süd nach Nord über Osten geht, wird ein am Metallrohr angebrachter Kontakt I_1 geschlossen und dadurch eine im Ohmmeter angeordnete Meldelampe eingeschaltet, so daß die Windrichtung auch in diesem Fall zweifelsfrei festzustellen ist. Auf diese Weise können 64 verschiedene Windrichtungen ermittelt werden. Die Windgeschwindigkeit wird fortlaufend durch ein übliches Becherrad gemessen, das mit einem Schneckengetriebe gekuppelt ist, wodurch ein Unterbrechungskontakt I_2 nach 50 Umdrehungen dieses Becherrades geschlossen und der Elektromagnet M zeitweilig erregt wird. Beim ersten Stromstoß rückt der Magnet eine Stoppuhr V ein, die durch einen weiteren Stromstoß nach wiederum 50 Umdrehungen gestoppt und sodann nach den folgenden 50 Umdrehungen auf Null zurückgeführt wird. Die Verschiebung des Zeigers der Stoppuhr ist mithin umgekehrt verhältnisgleich der Windgeschwindigkeit. Als Kontakte I_1 und I_2 dienen empfindliche Quecksilberschalter. Die an die Lamellen des Kommutators angeschlossenen Widerstände sind so bemessen, daß die Anzeige des Ohmmeters dem Drehwinkel der Windfahne verhältnisgleich ist. Als Stromquelle dient ein 4-V-Akkumulator von 30 Ah. Das neuartige Anemometer kann auch an mehrere beliebig voneinander entfernte Anzeigegeräte gleichzeitig angeschlossen werden. Es ist vor allem in nicht ortsfesten Beobachtungsstationen mit einem Mindestaufwand von Verbindungsleitungen verwendbar, da zwischen dem Anemometer und jedem Anzeigegerät nur vier Leitungen erforderlich sind. *O. N.*

[1]) A. Albin, Elettrotecnica 28 (1941) S. 10; 2 S., 2 B.

Magnetische Verstärker für die Meß- und Regeltechnik

Von Wilhelm Geyger VDE, Berlin

(*Schluß von S. 853*)

DK 621.318.423.013.1 : 621.316.7+.317.3

Magnetische Nullstromverstärker

Im Zusammenhang mit Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der selbsttätigen Gleichstromkompensatoren und Kompensationsschnellschreiber [22] hat der Verfasser die Möglichkeit untersucht, den bei derartigen Meßgeräten bisher erforderlichen Wechselstrom-Röhrenverstärker durch einen mit gleichstromvormagnetisierten Drosselspulen arbeitenden, vom Wechselstromnetz gespeisten Gleichstromverstärker zu ersetzen, dessen Eingang der Nullstrom unmittelbar zugeführt wird und der als magnetischer Nullstromverstärker bezeichnet werden kann. Bei den sich selbsttätig abgleichenden Meßbrücken und Kompensatoren liegt bekanntlich die grundsätzliche Aufgabe vor, den bei einer Abweichung vom Kompensationszustand im Kompensationsstromkreis (Nullzweig) auftretenden Ausgleichsstrom (Nullstrom) dem Eingang einer Verstärkereinrichtung zuzuführen, in deren Ausgang ein gleichzeitig als Nullinstrument und Umkehrmotor, als Nullmotor [23], wirkendes elektrisches Meßwerk ohne mechanische Richtkraft, z. B. Induktionszähler- oder Drehspulmeßwerk, eingeschaltet ist, das die in der Brücken- oder Kompensationsschaltung vorgesehene Abgleichvorrichtung (z. B. Schleifdrahtanordnung) im Sinne einer Herbeiführung bzw. Aufrechterhaltung des Kompensationszustandes steuert. Da derartige Kompensationsmeßgeräte sich sowohl durch die Größe der Eingangs- und Ausgangsleistung, des Verstärkungsfaktors und der Ansprechempfindlichkeit als auch durch die Stromart des dem Nullmotor zugeführten Ausgangsstromes unterscheiden, wurden mehrere Ausführungsarten des magnetischen Nullstromverstärkers geschaffen, deren Schaltungsanordnungen, Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten im folgenden behandelt werden.

1. Erste Ausführungsart des einstufigen magnetischen Nullstromverstärkers

Bild 13 zeigt die Schaltungsanordnung eines vom Wechselstromnetz gespeisten magnetischen Nullstromverstärkers, der bei einer Gleichstrom-Eingangsleitung von etwa 1 mW voll ausgesteuert ist und hierbei eine Wechselstrom-Ausgangsleistung von etwa 0,5 W zu entnehmen gestattet, wobei der die Stromwicklung eines synchron fremderregten Induktionszähler-Meßwerkes durchfließende Ausgangsstrom I_B in bezug auf Größe und Richtung bzw. Phasenlage dem Eingangsstrom I_S (Nullstrom) entspricht. Die aus der Grundschaltung nach Bild 1 hervorgegangene symmetrische Differenzschaltung besitzt zwei Paare von richtungsabhängig mit Rückkopplung arbeitenden gleichstromvormagnetisierten Drosselspulen [18] $L_1' L_2'$ und $L_1'' L_2''$, die durch den Steuerstrom I_S gleichzeitig so erregt werden, daß bei positiven Werten von I_S die Induktivität $L_1' L_2'$ zunimmt und die Induktivität $L_1'' L_2''$ abnimmt, während bei negativen Werten von I_S die Induktivität $L_1' L_2'$ abnimmt und die Induktivität $L_1'' L_2''$ zunimmt. Der Isoliertransformator T hat hierbei eine Mittelanzapfung und speist mit den Teilspannungen U', U'' die beiden Stromkreise von $L_1' L_2'$ und $L_1'' L_2''$. In Bild 14 sind die in diesen Stromkreisen fließenden Wechselströme I_B', I_B'' und der die Bürde R_B durchfließende Differenzstrom $I_B = I_B' - I_B''$ in Abhängigkeit von dem Steuerstrom I_S dargestellt. Die für die Bürde R_B maßgebende Kennlinie $I_B = f(I_S)$ geht durch Null und hat bei kleinen Werten von I_S, bei 0 bis ± 1 mA, ihre größte Steilheit.

Bei der aus der Grundschaltung nach Bild 5 hervorgegangenen Differenzschaltung in Bild 15 werden die bei $I_S = 0$ vorhandenen Ruheströme in den Wechselstromwicklungen von $L_1' L_2'$ und $L_1'' L_2''$ durch Anwenden der Hilfsgleichströme I_H', I_H'' unter Beibehalten eines bestimmten Verstärkungsfaktors bzw. einer bestimmten Kennlinienteilheit dadurch herabgesetzt, daß in den Drosselspulen $L_1' L_2'$ und $L_1'' L_2''$ durch die Hilfsströme I_H', I_H'' zusätzliche Gleichstrommagnetisierungen hervorgerufen werden, die den von den Rückkopplungsgleichströmen I_G', I_G'' erzeugten Gleichstrommagnetisierungen entgegenwirken. Die Hilfsströme I_H', I_H'' werden einem gemeinsamen, über Vorwiderstände R_V', R_V'' an die Sekundärwicklung des mit Mittelanzapfung versehenen Isoliertransformators T angeschlossenen Gleichrichter G entnommen und über Vorwiderstände R_H', R_H'' und über einen zum Herbeiführen der Symmetrie dienenden Schleifdrahtwiderstand R_0 den im Sinne der Steuerwicklungen hintereinandergeschalteten Kompensationswicklungen zugeführt. Das Anwenden getrennter Wicklungen für die Hilfsströme I_H', I_H'' bringt auch hier einen bestimmten Verlust an Wickelraum für die übrigen Wicklungen mit sich, hat aber den Vorzug, daß die Bemessung der zum Herabsetzen der Ruheströme dienenden Teile, wie Gleichrichter G, Vorwiderstände R_V', R_V'',

L_1', L_2' und L_1'', L_2'' gleichstromvormagnetisierte Drosselspulen
R_B Bürde
G' und G'' Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichter
R_V' und R_V'' Nebenwiderstände
T Isoliertransformator
U' und U'' Wechselspannungen
I_S Eingangsstrom
I_B', I_B'' und $I_B = I_B' - I_B''$ Ausgangsströme
I_G' und I_G'' Rückkopplungs-Gleichströme

Bild 13. Aus der Grundschaltung nach Bild 1 hervorgegangene symmetrische Differenzschaltung eines magnetischen Nullstrom-Verstärkers mit zwei Paaren von richtungsabhängig mit Rückkopplung arbeitenden gleichstromvormagnetisierten Drosselspulen.

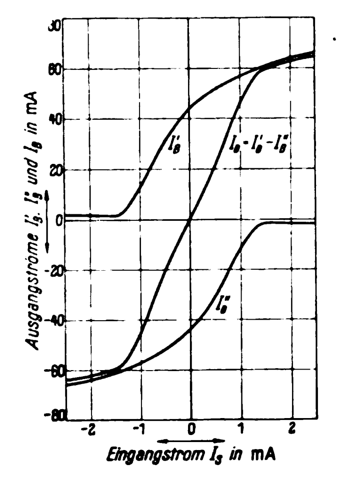
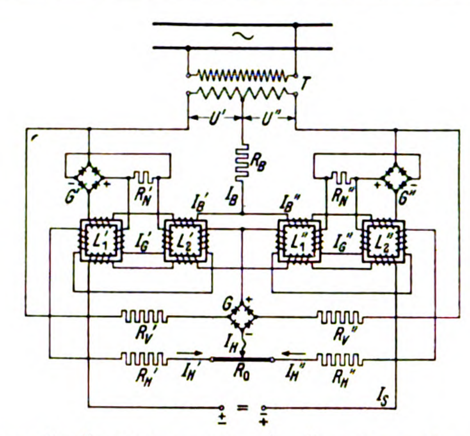


Bild 14. Ausgangsströme I_B', I_B'' und $I_B = I_B' - I_B''$ in Abhängigkeit von dem Eingangsstrom I_S bei der symmetrischen Differenzschaltung nach Bild 13.



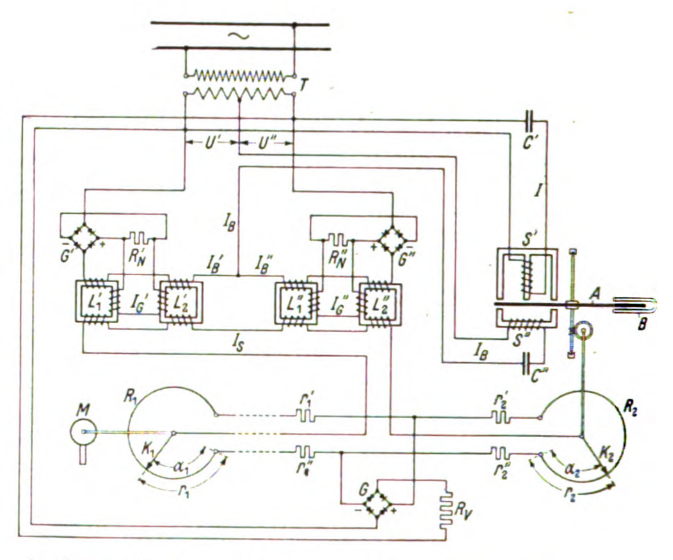
L_1', L_2' und L_1'', L_2'' gleichstromvormagnetisierte Drosselspulen
R_B Bürde
G' und G'' Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichter
R_N' und R_N'' Nebenwiderstände
T Isoliertransformator
U' und U'' Wechselspannungen,
I_S Eingangsstrom
I_B', I_B'' und $I_B = I_B' - I_B''$ Ausgangsströme
I_G' und I_G'' Rückkopplungs-Gleichströme
I_H', I_H'' und $I_H = I_H' + I_H''$ Hilfsgleichströme zum Verkleinern der bei $I_S = 0$ vorhandenen Ruheströme I_B' und I_B''
G Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichter, dem der Hilfsstrom I_H entnommen wird
R_V', R_V'' und R_H', R_H'' Vorwiderstände
R_0 Schleifdrahtwiderstand zum Herbeiführen der Symmetrie der Differenzschaltung

Bild 15. Aus der Grundschaltung nach Bild 5 hervorgegangene symmetrische Differenzschaltung eines magnetischen Nullstrom-Verstärkers, bei der die bei $I_S = 0$ vorhandenen Ruheströme I_B' und I_B'' durch die Wirkung der Hilfsgleichströme I_H' und I_H'' unter Beibehalten einer bestimmten Kennliniensteilheit herabgesetzt werden.

R_H', R_H'' und Kompensationswicklungen für I_H' und I_H'', von den Abmessungen bzw. von der Anpassung der Steuerwicklungen an den Widerstand des den Steuerstrom I_S führenden Eingangsstromkreises vollständig unabhängig wird. In Bild 16 sind die in den beiden vom Transformator T (Teilspannungen U', U'') gespeisten Stromkreisen fließenden Wechselströme I_B', I_B'' und der die Bürde R_B durchfließende Differenzstrom $I_B = I_B' - I_B''$ in Abhängigkeit vom Steuerstrom I_S dargestellt. Auch hier geht die für die Bürde R_B maßgebende Kennlinie $I_B = f(I_S)$ durch Null und hat bei kleinen Werten von I_S ihre größte Steilheit. Allerdings ist der Bereich größter Kennliniensteilheit hier etwas enger als bei der ohne Ruhestromverkleinerung arbeitenden Differenzschaltung nach Bild 13 (vgl. Bild 14). In diesem Bereich ist der Differenzstrom I_B gegen die Teilspannungen U', U'' um etwa 85 ° in der Phase verschoben. Der Phasenwinkel zwischen dem Strom I_B und den Spannungen U', U'' wird mit zunehmendem Steuerstrom I_S kleiner und beträgt bei voller Aussteuerung etwa 40 bis 50 °. Diese Tatsache ist für das Verwenden des Verstärkers in Verbindung mit einem fremderregten, als Nullmotor arbeitenden Induktionszähler-Meßwerk bedeutungsvoll, dessen Drehmoment bekanntlich nicht nur von der Größe, sondern auch von der Phasenlage des der Stromwicklung zugeführten Stromes I_B abhängig ist. Die Phaseneinstellung des die Fremderregung bewirkenden, in der Spannungswicklung fließenden Stromes wird hier zweckmäßig so gewählt, daß der Nullmotor bei kleinen Werten des Steuerstromes I_S ein möglichst großes Drehmoment erzeugt und somit bei kleinen Abweichungen vom Kompensationszustand mit günstigster Einstellkraft arbeitet.

Bild 16. Ausgangsströme I_B', I_B'' und $I_B = I_B' - I_B''$ in Abhängigkeit von dem Eingangsstrom (Nullstrom) I_S bei der symmetrischen Differenzschaltung nach Bild 15

Bild 17 zeigt als Anwendungsbeispiel eine zur elektrischen Fernübertragung von Zeigerstellungen dienende Schaltungsanordnung, bei der eine Gleichstrom-Brückenschaltung $R_1 r_1' r_1'' R_2 r_2' r_2''$ durch ein als Nullmotor wirkendes fremderregtes Induktionszähler-Meßwerk A, B, S', S'', das über einen magnetischen Nullstromverstärker nach Bild 13 mit dem Nullzweig der Brückenschaltung verbunden ist, selbsttätig abgeglichen wird. Das Gebergerät M, z. B. Manometer oder Ringwaage, dessen Zeigerstellung übertragen werden soll, steuert den Schleifkontakt K_1 eines Schleifdrahtwiderstandes R_1, der über drei Fernleitungen mit einer zweiten, vom Nullmotor A, B, S', S'' betätigten Schleifdrahtanordnung $R_2 K_2$ und den Hilfswiderständen $r_1' r_2' r_1'' r_2''$ verbunden ist. Die so gebildete Brückenschaltung wird von einem über den Vorwiderstand R_V an den Transformator T angeschlossenen Trockengleichrichter G mit Gleichstrom gespeist. Die Steuerwicklungen des nach Bild 13 geschalteten magnetischen Nullstromverstärkers sind mit den beiden Schleifkontakten K_1, K_2 verbunden und werden von einem der



L_1', L_2' und L_1'', L_2'' gleichstromvormagnetisierte Drosselspulen
G' und G'' Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichter
R_N' und R_N'' Nebenwiderstände
T Isoliertransformator
U' und U'' Wechselspannungen
I_S Eingangsstrom (Nullstrom)
I_B', I_B'' und $I_B = I_B' - I_B''$ Ausgangsströme
I_G' und I_G'' Rückkopplungs-Gleichströme
A, B, S', S'' als Nullmotor wirkendes Induktionszähler-Meßwerk
S' Spannungswicklung dieses Meßwerkes
S'' Stromwicklung dieses Meßwerkes
C' Kondensator für S'
C'' Kondensator für S''
M Gebergerät, z. B. Manometer oder Ringwaage
R_1 K_1 und R_2 K_2 Schleifdrahtanordnungen mit den veränderbaren Teilwiderständen r_1 und r_2, die den Ausschlagwinkeln α_1 und α_2 der Schleifkontakte K_1, K_2 verhältnisgleich sind
r_1', r_2' und r_1'', r_2'' Hilfswiderstände
G Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichter, der die Brückenschaltung speist
R_V Vorwiderstand für den Gleichrichter G
I Hilfsstrom für die Spannungswicklung S' des Nullmotors

Bild 17. Zur elektrischen Fernübertragung von Zeigerstellungen dienende Schaltungsanordnung, bei der eine Gleichstrom-Brückenschaltung $R_1 r_1' r_1'' R_2 r_2' r_2''$ durch ein als Nullmotor wirkendes fremderregtes Induktionszählermeßwerk A, B, S', S'', das über einen magnetischen Nullstrom-Verstärker nach Bild 13 mit dem Nullzweig der Brückenschaltung verbunden ist, selbsttätig abgeglichen wird.

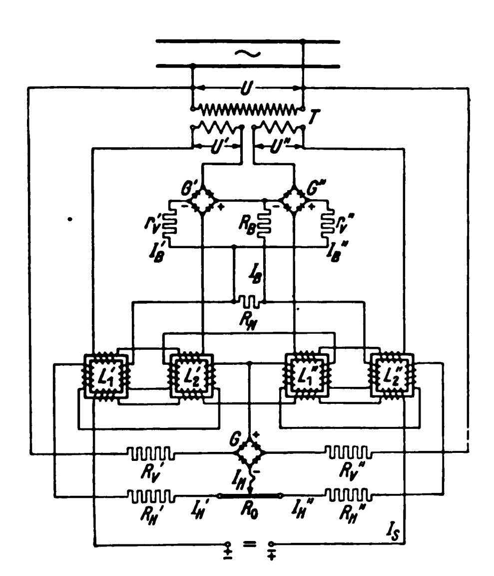
jeweiligen Abweichung vom Kompensationszustand oder von der Gleichgewichtsbedingung der Brückenschaltung in bezug auf Größe und Richtung entsprechenden Steuerstrom I_S durchflossen.

Der Ausgangsstrom I_B des Verstärkers wird der Stromwicklung S'' des Nullmotors mit der Ankerscheibe A und dem Bremsmagnet B über einen Kondensator C'' zugeführt, dessen kapazitiver Widerstand $(1/\omega C'')$ den induktiven Widerstand der Stromwicklung $(\omega L'')$ kompensiert $(\omega L'' = 1/\omega C'')$. Die aus S'' und C'' bestehende Bürde entspricht somit einem reinen Wirkwiderstand R_B, wie er in Bild 13 angedeutet ist. Der die Stromwicklung S'' durchfließende Ausgangsstrom I_B ist bei kleinen Abweichungen vom Kompensationszustand, d. h. bei geringer Aussteuerung des Verstärkers, um annähernd 90° gegen die Spannungen U', U'' phasenverschoben. Da zwecks Erzielung eines möglichst großen Drehmomentes des Nullmotors der die Spannungswicklung S' dieses Motors durchfließende Strom I angenähert um 90° gegen den in der Stromwicklung S'' fließenden Strom phasenverschoben sein soll, ist die Spannungswicklung S' mit einem Kondensator C' in Reihe geschaltet, dessen kapazitiver Widerstand $(1/\omega C')$ den induktiven Widerstand $(\omega L')$ der Spannungswicklung kompensiert $(\omega L' = 1/\omega C')$, so daß der Strom I mit den Spannungen U', U'' phasengleich ist.

Sind die Einstellwinkel α_1, α_2 der Schleifkontakte K_1, K_2 bzw. die diesen Winkeln proportionalen Teilwiderstände r_1, r_2 der Schleifdrähte R_1, R_2 einander gleich, dann ist die Brückenschaltung abgeglichen, d. h. der Nullzweig ist stromlos; $I_S = 0$ und $I_B = 0$. Der Nullmotor erzeugt dann kein Drehmoment. Wird aber durch Ändern der Zeigerstellung des Gebergerätes M bzw. des Einstellwinkels α_1 des Schleifkontaktes K_1 das Gleichgewicht in der Brückenschaltung gestört, dann tritt ein der jeweiligen Abweichung vom Gleichgewichtszustand in bezug auf Größe und Richtung entsprechender, die Steuerwicklungen durchfließender Nullstrom I_S auf, der einen dieser Abweichung hinsichtlich Größe und Richtung bzw. Phasenlage entsprechenden Ausgangsstrom I_B und ein entsprechendes Drehmoment des Nullmotors auslöst. Die Drehrichtung der Ankerscheibe A des Nullmotors wird nun so gewählt, daß A den Schleifkontakt K_2 im Sinn der angestrebten Kompensationseinstellung bewegt. Dabei ist die jeweilige Drehgeschwindigkeit von A der Abweichung vom Kompensationszustand proportional. Je näher K_2 an die Kompensationseinstellung herankommt, desto langsamer läuft A, ein Überschwingen oder Pendeln der mit K_2 gekuppelten Anzeige- oder Schreibvorrichtung ist daher ausgeschlossen, wenn die Ankerscheibe durch den Bremsmagneten B in ausreichend starkem Maße gedämpft wird. Die Anordnung kann so bemessen werden, daß der Zeiger bzw. die Schreibfeder in etwa 5 bis 7 s über die ganze Skala bzw. nutzbare Schreibbreite läuft, und daß die Einstellzeit bei kleinen Änderungen der Zeigereinstellung des Gebergerätes M nur etwa 1 bis 2 s beträgt. Die betriebsmäßig auftretenden Spannungs- und Frequenzschwankungen des den magnetischen Nullstromverstärker und den Nullmotor speisenden Wechselstromnetzes, Änderungen des Verstärkungsfaktors u. a. haben, da es sich um ein reines Nullverfahren handelt, keinen Einfluß auf die Messung.

2. Zweite Ausführungsart des einstufigen magnetischen Nullstromverstärkers

In Bild 18 ist die symmetrische Differenzschaltung eines anderen, vom Wechselstromnetz gespeisten magnetischen Nullstromverstärkers dargestellt, der bei einer Gleichstromeingangsleistung von etwa 5 Mikrowatt voll ausgesteuert ist und hierbei eine Gleichstrom-Ausgangsleistung von etwa 5 mW zu entnehmen gestattet, wobei der die Drehspule eines Drehspulmeßwerkes ohne mechanische Richtkraft durchfließende Ausgangsstrom I_B in bezug auf Größe und Richtung dem Eingangsstrom I_S (Nullstrom) entspricht. Auch diese Differenzschaltung besitzt zwei Paare von richtungsabhängig arbeitenden gleichstromvormagnetisierten Drosselspulen $L_1' L_2'$ und $L_1'' L_2''$, die durch den Steuerstrom I_S gleichzeitig in der Weise erregt werden, daß bei positiven Werten von I_S die Induktivität $L_1' L_2'$ zunimmt und die Induktivität $L_1'' L_2''$ abnimmt, während bei negativen Werten von I_S die Induktivität $L_1' L_2'$ abnimmt und die Induktivität $L_1'' L_2''$ zunimmt. Die Wechselstromwicklungen der Drosselspulen sind über die Kupferoxydul-Trockengleichrichter G' und G'' an die an den beiden Sekundärwicklungen des Isoliertransformators T wirksamen Spannungen U' und U'' angelegt; $U' = U''$. Der diesen Gleichrichtern über die Vorwiderstände r_V', r_V'' entnommene Differenzstrom $I_B = I_B' - I_B''$ wird der mit Gleichstrom zu speisenden Bürde R_B und außerdem den im Sinne der Steuerwicklungen hintereinandergeschalteten Rückkopplungswicklungen mit Nebenwiderstand R_N zugeführt. Die Primärwicklung des Transformators T ist einerseits mit dem Wechselstromnetz, anderseits über die hochohmigen Vorwiderstände R_V', R_V'' mit einem dritten Kupferoxydul-Trockengleichrichter G verbunden, der über zwei Vorwiderstände R_H', R_H'' und über einen zum Einstellen der Schaltungssymmetrie dienenden Schleifdrahtwiderstand R_0 an die im Sinne der Steuerwicklungen hintereinandergeschalteten Polarisierungswicklungen angelegt ist; $R_H' = R_H''$. Die in den Polarisierungswicklungen fließenden konstanten Hilfsströme I_H', I_H'' führen eine konstante Vormagnetisierung der Drosselspulen $L_1' L_2', L_1'' L_2''$ und hierdurch die erforderliche Richtungsabhängigkeit (Polarisierung) der Differenzschaltung herbei. Wenn der Steuerstrom $I_S = 0$ ist,



L_1', L_2' und L_1'', L_2'' gleichstromvormagnetisierte Drosselspulen
R_B Bürde
G' und G'' Kupferoxydul-Trockengleichrichter
r_V' und r_V'' Vorwiderstände von G' und G''
R_N Nebenwiderstand
T Isoliertransformator
U, U' und U'' Wechselspannungen
I_S Eingangsstrom
I_B', I_B'' und $I_B = I_B' - I_B''$ Ausgangsströme
I_H', I_H'' und $I_H = I_H' + I_H''$ Hilfsströme zum Herbeiführen der Richtungsabhängigkeit der Differenzschaltung
G Kupferoxydul-Trockengleichrichter, dem der Hilfsstrom I_H entnommen wird
R_V', R_V'' und R_H', R_H'' Vorwiderstände
R_0 Schleifdraht-Widerstand zum Herbeiführen der Symmetrie der Differenzschaltung

Bild 18. Symmetrische Differenzschaltung eines magnetischen Nullstrom-Verstärkers, bei der der in der Bürde R_B fließende Ausgangsgleichstrom $I_B = I_B' - I_B''$ den im Sinne der Steuerwicklungen hintereinandergeschalteten Rückkopplungswicklungen zugeleitet wird, und zwar derart, daß die Gleichströme I_S und I_B auf die Drosselspulen L_1', L_2' und L_1'', L_2'' in gleichem Sinne vormagnetisierend wirken.

wird die Gleichstrommagnetisierung von $L_1' L_2'$ und $L_1'' L_2''$ nur durch die konstanten Hilfsströme I_H', I_H'' hervorgerufen. In diesem Falle sind, da $I_H' = I_H''$ und $U' = U''$ ist, die Induktivitäten von $L_1' L_2'$ und $L_1'' L_2''$ einander gleich, d. h. $I_B' = I_B''$ und $I_B = 0$. Andernfalls tritt in der Bürde R_B und in den Rückkopplungswicklungen ein Differenzstrom $I_B = I_B' - I_B''$ auf, der in bezug auf Größe und Richtung dem Steuerstrom I_S entspricht. Die Rückkopplungswicklungen sind so angeschlossen, daß die Gleichströme I_S und I_B auf die Drosselspulen in gleichem Sinne vormagnetisierend wirken. Die Windungszahl der Rückkopplungswicklungen wird so gewählt, daß einerseits die gewünschte Vergrößerung des Verstärkungsfaktors erreicht und anderseits die erforderliche Stabilität der Arbeitsweise gewährleistet wird, die wie bei allen Rückkopplungsschaltungen bei einer allzu starken Rückkopplung gestört werden muß. Ein Ändern des Verstärkungsfaktors kann man dadurch erreichen, daß man die Rückkopplungswicklungen durch einen veränderbaren Nebenwiderstand R_N überbrückt, so daß diesen Wicklungen nur ein Teil des die Bürde R_B durchfließenden Ausgangsstromes $I_B = I_B' - I_B''$ zugeführt wird. Die Kennlinie in Bild 19 zeigt, daß bei Anwenden dieser Rückkopplungsschaltung z. B. dem die Bürde $R_B = 50\,\Omega$ durchfließenden Ausgangsstrom $I_B = 6$ mA ein der Steuerwicklung (Widerstand $R_S = 7\,\Omega$) zugeführter Strom $I_S = 0{,}2$ mA zugeordnet ist, daß also der durch den Ausdruck $(I_B^2 R_B) : (I_S^2 R_S)$ gegebene Verstärkungsfaktor $(0{,}006^2 \cdot 50) : (0{,}0002^2 \cdot 7) \approx 6400$ ist.

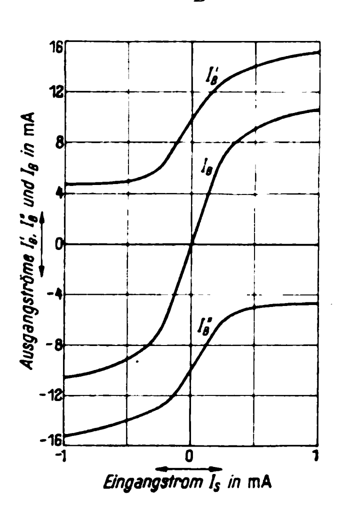


Bild 19. Ausgangsströme I_B', I_B'' und $I_B = I_B' - I_B''$ in Abhängigkeit von dem Eingangsstrom I_S bei der Rückkopplungsschaltung nach Bild 18. Bei $I_S = \pm 0{,}2$ mA ist $I_B = \pm 6$ mA, d. h. $I_B/I_S = 30$ und $I_B^2/I_S^2 = 900$.

Bild 20 zeigt als Anwendungsbeispiel eine zur spannungsunabhängigen Messung von Widerständen dienende Kompensationsmeßeinrichtung, bei der eine den zu messenden Widerstand R_3 (z. B. Widerstandsthermometer) enthaltende Brückenschaltung $R_1' R_1'' R_2' R_2'' R_3 R_4$ durch ein mit dem magnetischen Nullstromverstärker nach Bild 18 zusammenarbeitendes, als Nullmotor wirkendes Drehspulmeßwerk N ohne mechanische Richtkraft selbsttätig abgeglichen wird. Die Brückenschaltung ist abgeglichen, d. h. der Steuerstrom $I_S = 0$, wenn

$$(R_1' + R_1') : (R_2' + R_2'') = R_3 : R_4$$

ist. Beim Ändern von R_3 tritt der die Steuerwicklungen des Verstärkers durchfließende Eingangsstrom I_S auf, der den ihm in bezug auf Größe und Richtung entsprechenden, dem Drehspulinstrument N zugeführten Ausgangsstrom I_B hervorruft. Die Drehspule S des Drehspulmeßwerkes N stellt den Schleifkontakt K des Schleifdrahtes R_1', R_2' selbsttätig so ein, daß $I_S = 0$ wird. Die Widerstandsverhältnisse in der Brückenschaltung werden nun so gewählt, daß 1. bei der dem Skalenanfang entsprechenden Schleifkontakteinstellung, d. h. bei $R_1' = 0$, beim Höchstwert von R_2' und beim Kleinstwert von R_3, der R_3' genannt wird (z. B. $R_3' = 100\,\Omega$), die Bedingung

$$R_3' = R_4 \frac{R_1''}{(R_2' + R_2'')}$$

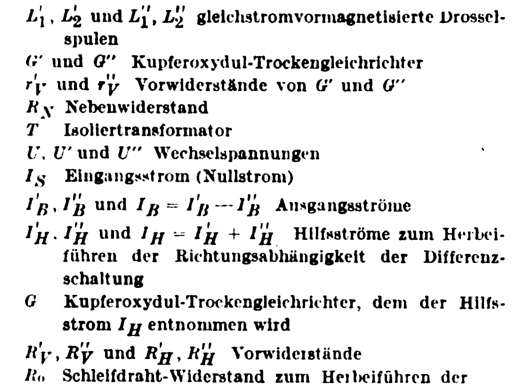
erfüllt ist, und daß 2. bei der dem Skalenende entsprechenden Schleifkontakteinstellung, d. h. bei $R_2' = 0$, beim Höchstwert von R_1' und beim Höchstwert von R_3, der mit $R_3' + \Delta R_3$ bezeichnet wird (z. B.

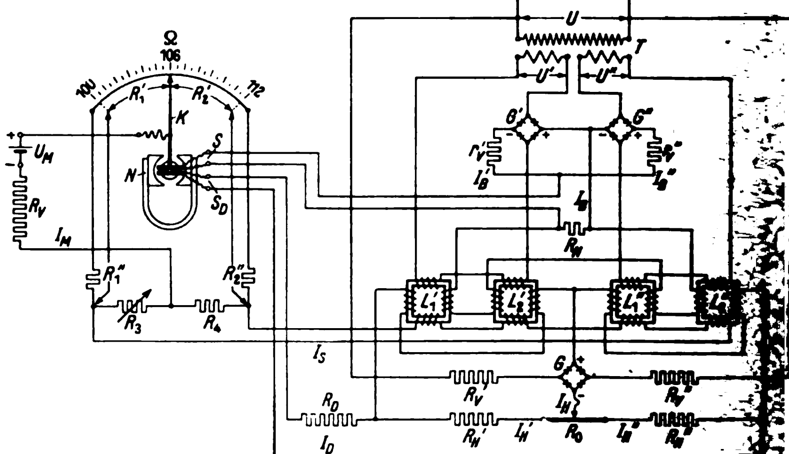
$$R_3' + \Delta R_3 = 100\,\Omega + 10\,\Omega = 110\,\Omega),$$

die Bedingung

$$R_3' + \Delta R_3 = R_4 \frac{(R_1' + R_1'')}{R_2''}$$

erfüllt ist. Dann ist jedem Wert von ΔR_3 ein bestimmter Wert von R_1', d. h. ein bestimmter Ausschlagwinkel des Schleifkontaktes K bzw. der Schreibfeder zugeordnet. Der Skalenverlauf ist, wenn $\Delta R_3 \leq 0{,}1 \cdot R_3'$ ist, praktisch linear.





R_1'' und R_2'' Vorwiderstände von R_1' R_2'
R_3 Widerstandsthermometer
R_4 unveränderlicher Vergleichswiderstand
R_V Vorwiderstand
U_M Meßspannung
I_M Meßstrom
S erste Drehspul-Wicklung, die von dem Ausgangsstrom I_B durchflossen wird
S_D zweite Drehspul-Wicklung, die über einen Vorwiderstand R_D mit der die Hilfsströme I_H', I_H'' führenden Wicklungsgruppe des magnetischen Nullstrom-Verstärkers verbunden ist und dieser Wicklungsgruppe den die differenzierende Rückführung bewirkenden Strom I_D zuführt

Bild 20. Schaltungsanordnung eines zur spannungsunabhängigen Messung von Widerständen (R_3) dienenden Gleichstromkompensators, der durch ein als Nullmotor wirkendes Drehspulmeßwerk ohne mechanische Richtkraft selbsttätig abgeglichen wird. Der Nullstrom I_S wird den Eingangswicklungen des magnetischen Nullstrom-Verstärkers nach Bild 18 zugeführt.

Das Messen ist grundsätzlich unabhängig von Änderungen der an der Brückenschaltung wirksamen Spannung, weil die Gleichgewichtsbedingung nur Widerstandsgrößen enthält. Unter Zugrundelegen einer der vollen Aussteuerung des Verstärkers entsprechenden Eingangsleistung von 5 µW ist es beispielsweise möglich, bei einer Widerstandsthermometermessung den Meßbereich 100 bis 112 Ω (0 bis 30 °C) auszuführen, wobei die Strombelastung des Platindraht-Widerstandsthermometers R_3 nur etwa 5 mA beträgt, ein störender Eigenerwärmungsfehler also nicht auftreten kann.

Die Untersuchung eines nach Bild 20 geschalteten selbsttätigen Gleichstromkompensators wurde mit einem Drehspul-Tintenschreiber (Drehspulwiderstand 50 Ω) durchgeführt, der für den vorliegenden Zweck mit einem hochohmigen Schleifdrahtwiderstand ($R_1' + R_2' = 200\,\Omega$ für eine Schleifkontaktbewegung von 90 °) ausgerüstet war. Die in einer kräftigen Zapfenlagerung gelagerte Achse der Drehspule trägt einen aus zwei dünnen Platindrähten bestehenden Schleifkontakt; die Stromzuführung zur Drehspule und zum Schleifkontakt geschieht dabei über drei dünne, praktisch richtkraftfreie Metallbändchen. Die über dem durch ein Uhrwerk angetriebenen Registrierstreifen mit 120 mm nutzbarer Schreibbreite sich bewegende Schreibfeder ist über einen Ellipsenlenker für linearen Skalenverlauf mit der Achse der Drehspule gekuppelt. Als Dämpfungsvorrichtung kann bei derartigen Tintenschreibern entweder eine magnetische Dämpfung, z. B. Kupfer- bzw. Aluminiumrahmen, auf dem sich die Drehspulwicklung befindet, oder kurzgeschlossene Zusatzwicklung oder eine Öldämpfung vorgesehen werden.

Zunächst zeigte sich, daß das Schreibgerät bei dem genannten Meßbereich eine praktisch vollständig ausreichende Einstellkraft entwickelt: Die Schreibfeder stellte sich im ganzen Skalenbereich auf etwa ± 0,5 mm genau ein. Die Einstellgenauigkeit beträgt also etwa ± 0,5 % vom Skalenumfang. Weiterhin wurde beobachtet, daß ein einwandfreier Einstellvorgang zunächst nur bei Anwenden einer starken Dämpfung erreichbar war, wobei die Einstellzeit etwa 3 s betrug. Wenn das Schreibgerät nicht genügend stark gedämpft ist, pendelt der Zeiger des Gerätes unaufhörlich zwischen den Zeigeranschlägen hin und her. Diese Erscheinung des Regelschwingens, die auch bei den sogenannten selbstkompensierenden Gleichstromverstärkern [24], insbesondere bei den mit thermischer Trägheit behafteten Bolometer-Verstärkern festgestellt wurde [25], ist im vorliegenden Fall auf die durch die Induktivitäten der Stromkreise des magnetischen Nullstromverstärkers verursachte magnetische Trägheit zurückzuführen, die durch eine Zeitkonstante von etwa 0,3 bis 0,5 s beschrieben werden kann. Wie bei den selbstkompensierenden Verstärkern, so kann auch bei der vorliegenden Kompensationsmeßanordnung der Einstellvorgang durch Anwenden einer elastischen Rückführung wesentlich verbessert bzw. verkürzt werden. In Bild 20 ist eine derartige Anordnung mit differenzierender Rückführung dargestellt, bei der das Drehspulmeßwerk N zwei voneinander isolierte und mit je zwei praktisch richtkraftfreien Stromzuführungsbändchen versehene Wicklungen besitzt, von denen die erste S von dem Ausgangsstrom I_B durchflossen wird, während die zweite S_D über einen hochohmigen Vorwiderstand R_D an die Polarisierungswicklungen angeschlossen ist. Der dieser Wicklung zugeleitete, die differenzierende Rückführung bewirkende Strom I_D entspricht jeweils der Drehgeschwindigkeit der Drehspule S, S_D, die bei dem Einschwingvorgang von einem bestimmten Höchstwert ausgehend stetig abnimmt und nach Erreichen des Kompensationszustandes, d. h. bei stillstehender Drehspule, gleich Null ist. Durch Verändern der Größe des Vorwiderstandes R_D kann man den Einfluß der differenzierenden Rückführung auf den zeitlichen Verlauf des Einstellvorganges verändern und leicht erreichen, daß der Zeiger des Schreibgerätes sich aperiodisch einstellt, wobei die Einstellzeit nur etwa 1 s beträgt.

3. Eigenschaften und Einflußgrößen der einstufigen magnetischen Nullstromverstärker

Die beschriebenen, richtungsabhängig mit Rückkopplung arbeitenden Differenzschaltungen mit zwei Paaren von gleichstromvormagnetisierten Drosselspulen ermöglichen die Schaffung hochempfindlicher magnetischer Nullstromverstärker, deren Eigenschaften und Einflußgrößen im folgenden gekennzeichnet sind:

Die Verstärker weisen eine durch Null gehende Kennlinie $I_B = f(I_S)$ auf, die bei kleinen Werten von I_S, d. h. bei kleinen Abweichungen vom Kompensationszustand, ihre größte Steilheit hat und hier den Höchstwert des Verstärkungsfaktors ergibt. Der durch das Verhältnis zwischen Ausgangs- und Eingangsleistung definierte Verstärkungsfaktor, der in dem Bereich der größten Kennliniensteilheit seinen Höchstwert hat, kann auf Werte von 1000 bis 3000 bzw. 6000 bis 10 000 gebracht werden, die zum Betätigen von Nullmotoren ausreichen. Die Verstärker sind bei einer Eingangsleistung von etwa 1 mW bzw. 5 µW voll ausgesteuert und erzeugen hierbei eine Ausgangsleistung von etwa 0,5 W bzw. 5 mW (Verstärkungsfaktor 500 bzw. 1000). Ihre Ansprechempfindlichkeit beträgt etwa 10^{-8} W bzw. 10^{-11} W. Die Nullpunktsicherheit, die darin besteht, daß der magnetische Verstärker beim Eingangstrom Null keinen sich in unzulässigem Maße auswirkenden Ausgangstrom hervorruft und in derselben Größenordnung wie die Ansprechempfindlichkeit liegen soll, ist für die praktische Brauchbarkeit eines derartigen Verstärkers von entscheidender Bedeutung. Die Auswirkung der verschiedenartigen in Betracht kommenden Einflußgrößen auf die Nullpunktsicherheit liegt innerhalb der praktisch zulässigen Grenzen.

Die Zeitkonstanten der einzelnen Stromkreise des magnetischen Nullstromverstärkers können so gewählt werden, daß störende Verzögerungserscheinungen nicht auftreten. Die Einstellzeit des Verstärkers mit einem im Ausgangstromkreis liegenden Strommesser beträgt bei dem Verstärkungsfaktor 3000 nur etwa 0,5 s. Eine störende Beeinflussung der Nullpunktsicherheit durch magnetische Hysterese tritt nicht auf. Bei der angewendeten Wechselstrommagnetisierung mit etwa 3000 Gauß und den in Betracht kommenden Gleichstrommagnetisierungen sind Hystereseerscheinungen nicht nachweisbar.

4. Bauliche Ausführung der einstufigen magnetischen Nullstromverstärker

Wie aus Bild 21 zu ersehen ist, sind die vier Drosselspulen L_1', L_2', L_1'', L_2'', die drei Kupferoxydul-Trockengleichrichter [26] G', G'', G, der Isoliertransformator T, der als Nullpunktsteller dienende Schleifdrahtwiderstand

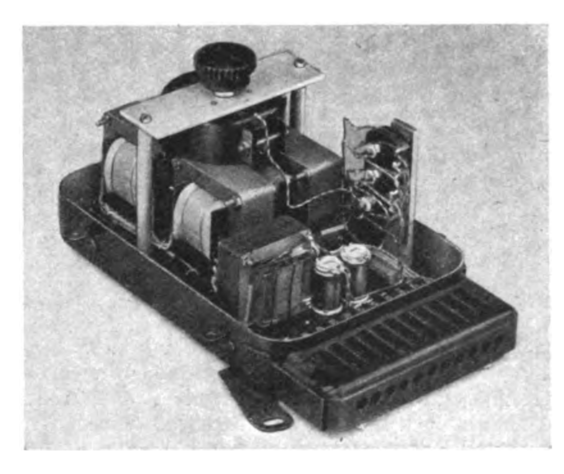


Bild 21. Bauliche Ausführung eines nach Bild 15 bzw. 18 geschalteten einstufigen magnetischen Nullstrom-Verstärkers.

R_0 und die einzelnen Hilfswiderstände $R'_V, R''_V, R'_H, R''_H, r'_V, r''_V$ des nach Bild 15 bzw. 18 geschalteten einstufigen magnetischen Nullstromverstärkers in ein Zählergehäuse eingebaut, das die Abmessungen $23 \times 16 \times 15\,cm^3$ hat. Eine merkbare Erwärmung dieser Teile tritt nicht auf, da der Eigenverbrauch dieser Verstärker nur etwa 2 bis 4 VA beträgt. Die Verstärker können durch entsprechendes Bemessen der Eingangs- und Ausgangswicklungen den jeweils vorliegenden Widerstandsverhältnissen des Eingangs-(Steuer-) und Ausgangs-(Bürden-)Stromkreises leicht angepaßt werden.

5. Zweistufige magnetische Nullstromverstärker

Wenn man in den Ausgangsstromkreis eines als Eingangsstufe wirkenden magnetischen Nullstromverstärkers die Steuerwicklungen eines zweiten derartigen Verstärkers, der als Ausgangsstufe wirkt, einfügt, gelangt man zu einem zweistufigen magnetischen Nullstromverstärker, dessen Verstärkungsfaktor gleich dem Produkt der Verstärkungsfaktoren der Eingangs- und Ausgangsstufe ist. Eine solche Anordnung hat den Verstärkungsfaktor 10^7, der mit einem zweistufigen magnetischen Verstärker erstmalig erreicht werden konnte.

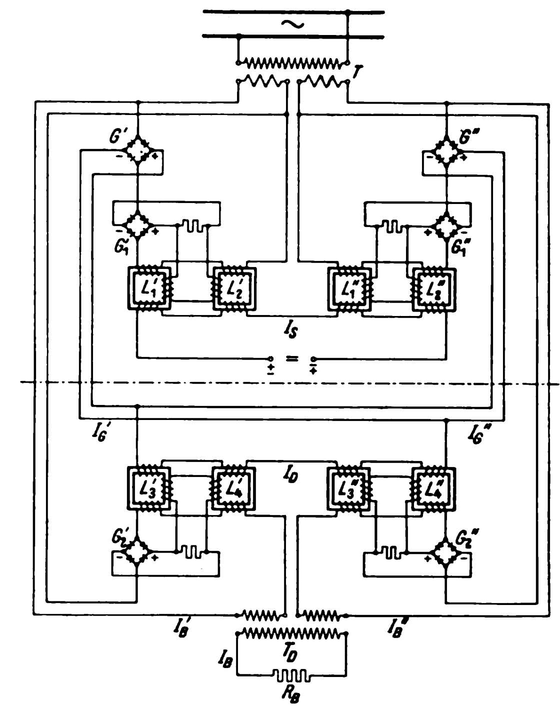
In Bild 22 ist als Beispiel ein zweistufiger magnetischer Nullstromverstärker in K a s k a d e n s c h a l t u n g dargestellt, der aus zwei Differenzschaltungen nach Bild 13 besteht, die über einen gemeinsamen Isoliertransformator T mit zwei voneinander isolierten Sekundärwicklungen an das Wechselstromnetz angeschlossen sind. Die Bürde R_B liegt hier an der Sekundärwicklung eines Differenztransformators T_D, dessen voneinander isolierte Primärwicklungen von den beiden Teilströmen I'_B und I''_B der Ausgangsstufe durchflossen werden. Die beiden Teilströme der Eingangsstufe werden durch die Gleichrichter G', G'' gleichgerichtet und als Gleichströme I'_G, I''_G in den eine Gleichstrombürde darstellenden Steuerwicklungen der Ausgangsstufe überlagert, so daß in diesen Steuerwicklungen der Differenzstrom $I_D = I'_G - I''_G$ fließt.

Selbstverständlich ist die Nullpunktsicherheit bei einem derartigen, auf eine besonders hohe Verstärkung gestalteten zweistufigen Nullstromverstärker geringer als bei den beschriebenen einstufigen Anordnungen, weil sich die verschiedenartigen Einflußgrößen bei einer mehrstufigen Anordnung stärker bemerkbar machen. Der zweistufige magnetische Nullstromverstärker nach Bild 22 mit einem Verstärkungsfaktor von 10^7, dessen Kennlinien $I_B = f(I_S)$ für die Bürdenwiderstände $R_B = 100\,\Omega$ und $R_B = 400\,\Omega$ in Bild 23 dargestellt sind, ist für kurzzeitige Messungen, bei denen keine stärkeren Temperaturschwankungen vorkommen, praktisch brauchbar, zumal der Nullpunkt jederzeit leicht kontrolliert und durch Verändern eines als Nullpunktsteller dienenden, stetig regelbaren Hilfswiderstandes in einfacher Weise nachgestellt werden kann. Die zweistufigen Anordnungen dürften für solche Sonderaufgaben in Betracht kommen, bei denen es weniger auf eine vorzügliche Konstanz des Nullpunktes als auf einen großen Verstärkungsfaktor ankommt, beispielsweise auch für Relaiseinrichtungen, denen ein Ausgangsstrom von veränderlicher Richtung entnommen wird, wobei der Ausgangsstrom dem Eingangsstrom in bezug auf Größe und Richtung entspricht.

Anwendungsgebiete magnetischer Verstärker

Zahlreich sind die Anwendungsgebiete der beschriebenen magnetischen Verstärker; diese können in Verbindung mit Kompensations- und Brückenschaltungen aller Art, insbesondere auch bei sich selbsttätig abgleichenden Meßbrücken und Kompensatoren, benutzt werden.

Bei den auf dem S t r o m m e s s e r v e r f a h r e n [27] beruhenden selbsttätigen Gleichstromkompensatoren,



L'_1, L'_2 und L''_1, L''_2 gleichstromvormagnetisierte Drosselspulen der Eingangsstufe
L'_3, L'_4 und L''_3, L''_4 gleichstromvormagnetisierte Drosselspulen der Ausgangsstufe
G', G'', G'_1 und G''_1 Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichter der Eingangsstufe
G'_2 und G''_2 Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichter der Ausgangsstufe
T Isoliertransformator
R_B Bürde
T_D Differenztransformator
I'_B, I''_B und $I_B = I'_B - I''_B$ Ausgangsströme
I_S Eingangsstrom der Eingangsstufe
$I_D = I'_G - I''_G$ Eingangsstrom der Ausgangsstufe

Bild 22. Kaskadenschaltung eines zweistufigen magnetischen Nullstrom-Verstärkers, der aus zwei symmetrischen Differenzschaltungen nach Bild 13 besteht.

die bekanntlich zur leistungslosen Messung von Strömen und Spannungen und zum Messen von sehr kleinen, z. B. von elektrischen Meßgeräten erzeugten Drehmomenten verwendet werden, kann man den einem Kompensationsmeßverstärker [28] mit Bolometer- oder Photozellenanordnung oder dgl. entnommenen Gleichstrom den Steuerwicklungen des magnetischen Verstärkers zuführen; den Ausgangsgleichstrom dieses beispielsweise nach Bild 18 geschalteten Verstärkers kann man zum Speisen des die zu messende Größe anzeigenden, aufzeichnenden oder integrierenden Strommessers und des Kompensationswiderstandes verwenden. An letzterem wird die zur Kompensation der zu messenden Spannung dienende Vergleichsspannung oder der zur Kompensation des zu messenden Stromes bzw. Drehmomentes dienende Vergleichsstrom abgenommen.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, den dem Kompensationsmeßverstärker entnommenen und der zu messenden Größe verhältnisgleichen Gleichstrom mit einem auf dem S c h l e i f d r a h t v e r f a h r e n [29] beruhenden selbsttätigen Gleichstromkompensator mit einem magnetischen Verstärker fortlaufend zu messen und an einer von einem Nullmotor gesteuerten und von einem konstanten Strom durchflossenen Schleifdrahtanordnung mit Anzeige- oder Schreibwerk als Schleifdrahtlänge bzw. Ausschlagwinkel eines Schleifkontaktes linear abzubilden. Hierbei wird der dem Kompensationsmeßverstärker entnommene Gleichstrom oder ein von ihm an einem Hilfswiderstand hervorgerufener Spannungsabfall oder die von ihm durch eine Meßwicklung erzeugte elektromagnetische Wirkung selbsttätig kompensiert durch eine entsprechende, mit der Schleifdrahtanordnung stetig regelbare Vergleichsgröße, wobei die beiden durch Strom-,

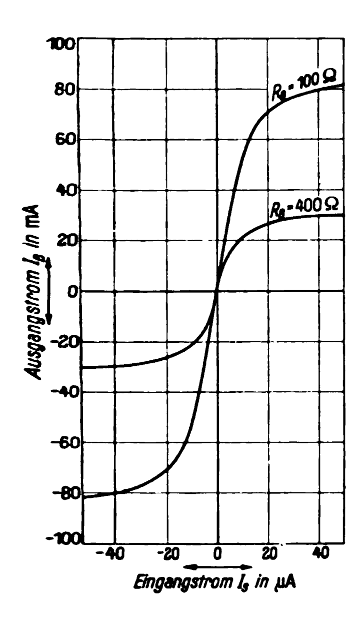


Bild 23. Kennlinien $I_B = f(I_S)$ des zweistufigen magnetischen Nullstrom-Verstärkers in Kaskadenschaltung nach Bild 22 für die Bürdenwiderstände $R_B = 100$ und $400\,\Omega$ mit einem Verstärkungsfaktor von 10^7.

Spannungs- oder Amperewindungsüberlagerung gegeneinander kompensierten Größen gleichzeitig und in entgegengesetztem Sinne auf die Steuerwicklungen der beiden Drosselspulenpaare des magnetischen Nullstromverstärkers einwirken.

Die Steuerwicklungen der beschriebenen magnetischen Verstärker, die der Wicklung eines Nullgalvanometers entsprechen, können, wie dies in den beiden Anwendungsbeispielen nach Bild 17 und 20 dargestellt ist, aus einer einzigen Wicklungsgruppe bestehen, die von dem in dem Nullstromkreis der Kompensations- oder Brückenschaltung fließenden Ausgleichsstrom durchflossen wird. Um bei Summen- und Differenzschaltungen eine Summen- bzw. Differenzbildung von Strömen oder Spannungen zu ermöglichen, kann man die auf die Drosselspulenpaare des magnetischen Verstärkers gleichzeitig einwirkenden Steuerwicklungen durch mehrere magnetisch verkettete Wicklungsgruppen ersetzen, denen mehrere miteinander zu vergleichende Ströme einzeln zugeführt werden. Beispielsweise können diese Steuerwicklungen ähnlich wie bei einem Differentialgalvanometer aus zwei gleichartigen Wicklungen, z. B. aus zwei isolierten, gleichzeitig aufgewickelten Drähten, bestehen, in denen zwei miteinander zu vergleichende Ströme, etwa die beiden Zweigströme einer Differenzschaltung, fließen. Bei Gleichheit dieser beiden Ströme sind die resultierenden Amperewindungen der Steuerwicklungen und der Ausgangsstrom des magnetischen Verstärkers gleich null; andernfalls ergibt sich ein den Bürdenwiderstand durchfließender Ausgangsstrom, der hinsichtlich Größe und Richtung der jeweiligen Differenz dieser beiden Ströme entspricht. Derartige Schaltungen sind auch für Fernmessungen [30] verwendbar.

Die Anwendungsmöglichkeiten der beschriebenen, an sich als Gleichstromverstärker wirkenden magnetischen Verstärker erstrecken sich auch auf viele Gebiete der Wechselstrom-Meßtechnik. Hier können die verschiedenartigen Wechselstromgrößen und ihre Wirk- und Blindkomponenten mit phasenabhängig arbeitenden Gleichrichteranordnungen in entsprechende Gleichstromgrößen umgeformt und dann mit den erwähnten, für Gleichstrommessungen üblichen Verfahren gemessen werden.

Zusammenfassung

Durch besondere Schaltungsanordnungen mit entsprechend bemessenen gleichstromvormagnetisierten Drosselspulen ist es möglich, mit verhältnismäßig schwachen Gleichströmen bedeutend stärkere Wechselströme gesetzmäßig zu verändern und auf diese Weise eine Verstärkerwirkung zu erreichen. Hierbei ist der Verstärkungsfaktor definiert durch das Verhältnis zwischen der dem Stromverbraucher, z. B. Glühlampe, Relais oder Meßgerät, zugeführten Ausgangsleistung und der aus der Stärke des Steuergleichstromes und dem Widerstand der Steuerwicklung sich ergebenden Eingangsleistung.

Nach einem geschichtlichen Überblick über die Entwicklung dieser mit gleichstromvormagnetisierten Drosselspulen arbeitenden sogenannten magnetischen Verstärker, die vielfach auch Eisenverstärker genannt werden, werden folgende Ausführungsarten von magnetischen Verstärkern und ihre Einflußgrößen beschrieben:

1. Als kontaktfreies Relais wirkende magnetische Verstärker, mit denen durch Ein- und Ausschalten oder durch Verändern eines den Steuerwicklungen zugeführten Eingangsstromes ein bedeutend stärkerer Ausgangsstrom gesetzmäßig beeinflußt und beispielsweise mit einer Eingangsleistung von etwa 1 bis 3 mW eine Ausgangsleistung von etwa 0,3 bis 1 W gesteuert werden kann. Die zwischen dem Eingangs- und Ausgangsstrom bestehende Gesetzmäßigkeit erfährt durch die in Betracht kommenden Einflußgrößen keine praktisch unzulässige Störung, zumal es bei der Verwendung eines magnetischen Verstärkers als Relais lediglich darauf ankommt, dem im Ausgangsstromkreis liegenden Gerät bei einem bestimmten Wert des Eingangsstromes einen zum sicheren Ansprechen dieses Gerätes ausreichenden Ausgangsstrom zur Verfügung zu stellen.

2. Magnetischer Meßverstärker, der ermöglicht, einen z. B. einem Drehspul-Tintenschreiber oder Gleichstrom-Amperestundenzähler zuzuführenden Ausgangsstrom zu erzeugen, der praktisch nur vom Eingangsstrom abhängig ist, von den verschiedenartigen Einflußgrößen jedoch nur in sehr geringem Maße, etwa ± 1 bis 3 % vom Sollwert, beeinflußt wird. Zur Beseitigung des Spannungseinflusses ist ein kleiner elektromagnetischer Spannungsgleichhalter vorgesehen, der auch den Einfluß von Frequenzschwankungen nahezu ausgleicht. Um den hauptsächlich durch den im Rückkopplungsstromkreis liegenden Kupferoxydul- oder Selen-Trockengleichrichter hervorgerufenen Temperatureinfluß, der auch durch besondere Kunstschaltungen mit temperaturempfindlichen Hilfswiderständen nicht in ausreichendem Maße ausgeglichen werden kann, auf die bei einem Meßverstärker zulässige Größe zu bringen, wurde dieser Gleichrichter durch einen synchron erregten Schwinggleichrichter ersetzt, der bekanntlich keinen störenden Temperatureinfluß verursacht, wenn seine Erregerwicklung von einem Strome durchflossen wird, dessen Phasenlage temperaturunabhängig ist.

3. Erste Ausführungsart eines einstufigen magnetischen Nullstrom-Verstärkers für mit einem Wechselstrom-Nullmotor (Induktionszähler-Meßwerk) arbeitende selbsttätige Meßbrücken und Kompensatoren, der bei einer Gleichstrom-Eingangsleistung von etwa 1 mW voll ausgesteuert ist und hierbei eine Wechselstrom-Ausgangsleistung von etwa 0,5 W zu entnehmen gestattet, wobei der Ausgangsstrom in bezug auf Größe und Richtung bzw. Phasenlage dem Eingangsstrom (Nullstrom) entspricht. Bei kleinen Aussteuerungen bzw. geringen Abweichungen vom Kompensationszustand ist der Verstärkungsfaktor gleich 1000 bis 3000. Die Auswirkung der verschiedenartigen Einflußgrößen auf die Nullpunktsicherheit liegt innerhalb der praktisch zulässigen Grenzen.

4. Zweite Ausführungsart eines einstufigen magnetischen Nullstrom-Verstärkers für mit einem Gleichstrom-Nullmotor (Drehspul-Meßwerk ohne mechanische Richtkraft) arbeitende selbsttätige Meßbrücken und Kompensatoren, der bei einer Gleichstrom-Eingangsleistung von etwa 5 Mikrowatt voll ausgesteuert ist und hierbei eine Gleichstrom-Ausgangsleistung von etwa 5 mW zu entnehmen gestattet, wobei der Ausgangsstrom in bezug auf Größe und Richtung dem Eingangsstrom (Nullstrom) entspricht. Bei kleinen Aussteuerungen bzw. geringen Abweichungen vom Kompensationszustand ist der Verstärkungsfaktor gleich 6000 bis 10 000. Die Auswirkung der verschiedenartigen Einflußgrößen auf die Nullpunktsicherheit liegt auch hier innerhalb der praktisch zulässigen Grenzen.

5. Zweistufige magnetische Nullstrom-Verstärker zur Lösung von solchen Sonderaufgaben, bei denen es weniger auf eine vorzügliche Konstanz des Nullpunktes als auf einen sehr großen Verstärkungsfaktor ankommt, z. B. für kurzzeitige Messungen oder für Relaiseinrichtungen. Derartige Anordnungen (Kaskadenschaltungen) bringen den Verstärkungsfaktor 10^7, der mit einem zweistufigen magnetischen Verstärker erstmalig erreicht werden konnte.

Die beschriebenen magnetischen Verstärker, die zahlreiche Anwendungsgebiete in der Meß- und Regeltechnik haben, bieten die wertvolle Möglichkeit, einerseits die durch Einführen der Elektronenröhre in die Meß- und Regeltechnik gebrachten Vorteile mit Ersatz der intermittierend arbeitenden Verfahren durch stetige beizubehalten, anderseits aber die mit Verstärkerröhren auf manchen Anwendungsgebieten verbundenen Unannehmlichkeiten, wie begrenzte Lebensdauer der Röhren, Nachteile der Röhren bei rauhen Betriebsverhältnissen, Schwierigkeiten beim Verstärken kleiner Gleichspannungen, zu vermeiden. Die magnetischen Verstärker, die rein elektrisch, also ohne irgendwelche mechanisch bewegten Teile, geräuschlos arbeiten, keinerlei Abnutzung unterworfen sind und sich somit durch besondere Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit auszeichnen, dürften daher für die Meß- und Regeltechnik eine große Bedeutung erlangen.

Aus dem Schrifttum

[1] G. Hauffe, Gleichstromvormagnetisierte Drosselspulen. ETZ 58 (1937) S. 937 u. 939. — Beitrag zur qualitativen Theorie gleichstromvormagnetisierter Eisen-Drosselspulen. Arch. Elektrotechn. 33 (1939) S. 41. H. Schunck, Der Wechselfluß einer Eisenkernspule mit überlagerter Gleichstrommagnetisierung. Arch. Elektrotechn. 12 (1923) S. 428. Th. Wasserrab, Zur qualitativen Theorie gleichstromvormagnetisierter Eisendrosseln. Arch. Elektrotechn. 31 (1937) S. 814. W. Hartel, Überschlägige Berechnung von gleichstromvormagnetisierten Drosseln, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) S. 585. K. Reuß, Die Verstärkerdrossel. Arch. Elektrotechn. 33 (1939) S. 777.

[2] J. Epstein, DRP 149 761 vom 26. VIII. 1902.

[3] J. M. A. Joly, Franz. Patent Nr. 418 909 vom 22. XII. 1910 und Ind. électr. 14 (1911) S. 195.

[4] G. Vallauri, ETZ 32 (1911) S. 988 und Electrician 68 (1912) S. 582.

[5] Arch. Elektrotechn. 2 (1914) S. 343.

[6] E. Besag, DRP 272 748 vom 21. VIII. 1913 und ETZ 40 (1919) S. 436; vgl. auch G. Keinath, Arch. techn. Messen, Blatt V 3213—1 (Dez. 1932).

[7] K. Rottsieper, Arch. techn. Messen, Blatt V 3216—1 (August 1933).

[8] W. Krämer, ETZ 58 (1937) S. 1309; 59 (1938) S. 1295 und Arch. techn. Messen, Blatt V 3213—3 (November 1939).

[9] H. Ritz, Arch. techn. Messen, Blatt V 3213—2 (September 1938).

[10] E. F. W. Alexanderson, USA-Patente Nr. 1206 643 vom 7. XII. 1912 und Nr. 1 328 610 vom 21. I. 1916; vgl. auch DRP 305 162 vom 2. V. 1917 und DRP 615 136 vom 28. I. 1930. E. F. W. Alexanderson und S. P. Nixdorff, Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 4 (1916) S. 101.

[11] L. Kühn, ETZ 35 (1914) S. 816 u. Jb. drahtl. Telegr. 9 (1915) S. 502; vgl. auch A. Feige, Elektr. Nachr.-Techn. 2 (1925) S. 96; A. Hund, Hochfrequenz-Meßtechnik, 2. Aufl., Verlag J. Springer, Berlin 1928, S. 77.

[12] L. Mandelstam und N. Papalexi, DRP 496 457 vom 22. IX. 1927; vgl. J. Krönert, Meßbrücken und Kompensatoren. Bd. I, Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1935, S. 238.

[13] Ph. Thomas, USA-Patent Nr. 1 730 254 vom 3. V. 1928; vgl. auch DRP 678 475 vom 23. IV. 1929.

[14] M. Steenbeck und O. Schmutz, Siemens-Z. 15 (1935) S. 201.

[15] A. S. Fitzgerald, Electr. Wld., N. Y. 107 (1937) S. 1592 und Electronics, N. Y. 10 (1937) S. 28; Referat in ETZ 59 (1938) S. 1221. Vgl. auch DRP. 650 553 vom 1. VII. 1933 (Priorität Großbritannien vom 1. VII. u. 3. XII. 1932 und 3. XII. 1932) und Franz. Patent Nr. 796 673 vom 23. VII. 1935 (Priorität V. S. Amerika vom 23. VII. 1934).

[16] G. Keinath, Messung von Gleichströmen durch Vormagnetisierung von Wechselstromdrosseln. Arch. techn. Messen, Blatt V 3210—1 (März 1933); vgl. auch: DRP 386 332 vom 1. IX. 1922.

[17] P. H. Dowling, USA-Patent Nr. 1 739 579 vom 20. VI. 1928; O. Schmutz, DRP 667 679 vom 28. VIII. 1932; E. T. Burton, USA-Patent Nr. 2 164 383 vom 29. XII. 1934; Franz. Patent Nr. 831 459 vom 30. XII. 1937 (Priorität USA vom 2. I. 1937); Schweiz. Patent Nr. 200 465 vom 22. VI. 1937 (Priorität Schweden, 10. VII. 1936); Brit. Patent Nr. 499 960 vom 15. VI. 1937 (Priorität Schweden, 10. VII. 1936); Franz. Patent Nr. 842 672 vom 18. II. 1938.

[18] Vgl. G. Hauffe, ETZ 58 (1937) S. 938.

[19] Vgl. G. Hauffe, ETZ 58 (1937) S. 939.

[20] Vgl. W. Geyger, Selbsttätige Strom- und Spannungsregler, Beschreibung, Eigenschaften und Fortschritte der elektromagnetischen Verfahren. Arch. techn. Messen, Blatt J 062—7 (November 1934), J 062—8 (Dezember 1934), J 062—15 (Februar 1937), und Elektromagnetische Spannungs-Gleichhalter für Meßzwecke. Siemens-Z. 15 (1935) S. 464.

[21] Vgl. H. Pfannenmüller, Mechanische Gleichrichter für Meßzwecke. Arch. techn. Messen, Blatt Z 540—1 (Februar 1932).

[22] Vgl. W. Geyger, Gleichstrom-Kompensatoren mit selbsttätiger Abgleichung. Arch. techn. Messen, Blatt J 932—1 (März 1936) und J 932—2 (Mai 1936); F. Eichler, Kompensationsgeräte mit selbsttätiger Abgleichung. Arch. techn. Messen, Blatt J 034—1 (Dezember 1936) und J 034—4 (Juni 1937).

[23] Vgl. W. Geyger, Selbsttätige Abgleichung von komplexen Kompensations- und Brückenschaltungen mit phasenabhängigen Nullmotoren. Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 842. — Ein neuer Kompensations-Schnellschreiber für Gleichstrommessungen. Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 850. — Ein einfacher Kompensations-Schnellschreiber für Gleichstrommessungen. Wiss. Veröff. Siemens-Werk XV (1936) S. 109.

[24] Vgl. L. Merz, Theorie der selbstkompensierenden Gleichstrom-Verstärker mit direkt wirkender mechanischer Steuerung. Arch. Elektrotechn. 31 (1937) S. 1.

[25] Vgl. L. Merz u. H. Niepel, Messung kleiner Ströme und Spannungen und kleiner Längenänderungen mit dem bolometrischen Kompensator. Wiss. Veröff. Siemens-Werk XVIII/2 (1939) S. 23.

[26] Vgl. H. Pfannenmüller, Elektrische Meßgleichrichter. Arch. techn. Messen, Blatt Z 50—1 (Mai 1937). — Kupferoxydul-Gleichrichter für Meßzwecke. Arch. techn. Messen, Blatt Z 52—2 (September 1937).

[27] Vgl. W. Geyger, Gleichstrom-Kompensatoren mit selbsttätiger Abgleichung, Strommesser-Verfahren, Arch. techn. Messen, Blatt J 932—2 (Mai 1936).

[28] Vgl. z. B. H. Sell, Bolometer-Verstärker, Arch. techn. Messen, Blatt Z 64—1 (August 1934); L. Merz, Bolometer-Verstärker, Neuerungen. Arch. techn. Messen, Blatt Z 64—2 (Februar 1937); L. Merz, Lichtelektrische Gleichstrom-Verstärker, Arch. techn. Messen, Blatt Z 64—3 (Dezember 1937); L. Brandenburger, Gleichstrom-Verstärker mit durch Hochfrequenz gesteuertem Regelorgan, Arch. techn. Messen, Blatt Z 634—3 (November 1936); J. Sorge, VDE-Fachberichte 10 (1938) S. 111 bis 113; L. Brandenburger und S. John, Siemens-Z. 20 (1940) S. 93.

[29] Vgl. W. Geyger, Gleichstrom-Kompensatoren mit selbsttätiger Abgleichung, Schleifdraht-Verfahren, Arch. techn. Messen, Blatt J 932—1 (März 1936).

[30] Vgl. W. Geyger, Fernübertragung von Meßwerten mit Widerstands-Gebern, Kompensationsverfahren, Arch. techn. Messen, Blatt V 3821—3 (Februar 1936).

Die zentrale Steuerung der städtischen Beleuchtungsanlage mit Schaltuhr und Photozelle

DK 621.398.2 : 628.971.6

Die Stadt Basel hatte für ihre im Jahre 1922 vorhandenen 1716 Lampen der Straßen- und Verkehrsbeleuchtung 614 Schaltuhren in Betrieb, deren Unterhaltung und Bedienung sehr kostspielig war.[1]) Deshalb konnte diese Art des Betriebes in Anbetracht der Vergrößerung der Lampenzahl auf mehr als 6000 nicht beibehalten werden, und es wurde eine Fernsteuerung eingerichtet, bei der nur eine Schaltuhr mit Hilfe von 116 auf das Netz verteilten Fernschaltern 96% aller Lampen steuert. Die Straßenbeleuchtungskabel enthalten je 2 Steuerleitungen für Halbnacht- und Ganznachtbeleuchtung. Die Schaltuhr ist eine astronomische, die also selbsttätig die Schaltzeiten entsprechend der sich verschiebenden Dämmerungszeiten ändert. Ihr haftet naturgemäß der Nachteil an, daß besonders helle und besonders dunkle Tage unberücksichtigt bleiben und die Genauigkeit der Abstellung des Zündens und Löschens auf die jeweils vorhandene Tagesbeleuchtungsstärke unbefriedigend ist. Gegenüber der wünschenswerten Schaltung der astronomischen Uhr ergeben sich zu der tatsächlichen Unterschiede bis zu 30 min. Abhilfe wurde geschaffen durch einen „Dämmerungszeiger", der aus Photozelle, Gleichrichter- und Verstärkerröhre nebst 2 Relais besteht. Ein besonderer Umschaltapparat bewirkt die Anwendungsmöglichkeit auf das vorhandene Fernschaltsystem. Der Dämmerungszeiger hat lediglich die Gesamtbeleuchtung abends ein- und morgens auszuschalten. Regelmäßige Zwischenschaltungen erfolgen automatisch. Der Umschaltapparat hat zudem die Aufgabe, eine Verriegelung durchzuführen, damit bei schwankenden Helligkeiten, z. B. hervorgerufen durch Gewitterwolken in der Dämmerungszeit, keine unerwünschten mehrmaligen Ein- und Ausschaltungen erfolgen, die eine völlige Unordnung in der Schaltfolge nach sich ziehen könnten. Der Umschaltapparat bewirkt auch, daß der Dämmerungszeiger nur während der voraussichtlichen Schaltzeit eingeschaltet ist. Versagt der Dämmerungsschalter, ist Vorsorge getroffen, daß die Beleuchtung automatisch etwas später geschaltet wird.

[Anmerkung des Ber.: Dämmerungsschalter bringen gegenüber Schaltuhren zweifellos nennenswerte Vorteile. Die Verbindung eines Dämmerungsschalters mit einer Fernschaltung ergibt Betriebskostenersparnisse. In Deutschland bedienen sich mehrere Städte des Dämmerungsschalters mit gutem Erfolg. Auch die Reichshauptstadt zündet und löscht nicht starr nach einem Brennkalender, sondern regelt die Schaltungen mit Hilfe eines Photometers. Die Stadt Bremen hat seit vielen Jahren eine Photozelle zur Steuerung der Straßenbeleuchtung in Betrieb.] *Tpn.*

[1]) P. Troller, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 585; 2½ S., 1 B.

FÜR DEN JUNGEN INGENIEUR

Fernbedienungseinrichtungen in Starkstromanlagen

Von W. Venzke VDE, Berlin

DK 621.398 : 621.311

*Übersicht**). Durch Fernwirkanlagen im Energieversorgungsbetrieb können ausgedehnte Verteilungsnetze mit ihren räumlich getrennten Krafterzeugungs- und Schaltstationen von zentraler Stelle aus als betriebliche Einheit überwacht und geleitet werden. Der Aufsatz bringt einen zusammenfassenden Überblick über neuzeitliche Fernbedienungseinrichtungen in Starkstromanlagen.

Entwicklung der Fernbedienungseinrichtungen durch den Verbundbetrieb

Die Notwendigkeit von Fernbedienungseinrichtungen im Stromversorgungsbetrieb ergab sich mit dem Anwachsen der Zahl und Ausdehnung der Anlagen und Verteilungsnetze für die Elektrizitätserzeugung. Anfänglich waren die Netze für die öffentliche Stromversorgung von nur geringer räumlicher Ausdehnung. Jedes einzelne Kraftwerk arbeitete für sich und hatte nur seinen eigenen kleinen Bezirk zu versorgen; die Verteilungsleitungen für die Energieübertragung gingen strahlenförmig vom Kraftwerk aus zu den Abnehmergruppen. Diese einfachen Strahlennetze waren ihrem Aufbau und ihrer geringen Ausdehnung entsprechend ohne besondere Hilfsmittel leicht zu überwachen; denn alle für die Betriebsführung notwendigen Beobachtungen konnten bei diesen einseitig gespeisten Netzgebilden unmittelbar im Kraftwerk vorgenommen werden.

Um nun die Stromversorgung auch dann nach Möglichkeit sicherzustellen, wenn im Verteilungsnetz Störungen auftreten, wurden die Übertragungsleitungen später außerhalb des Kraftwerkes miteinander verbunden. So entstand das Maschennetz, bei dem der einzelne Abnehmer von zwei Seiten her mit Energie versorgt werden kann. Mit der weiteren Ausdehnung der Elektrizitätsversorgung wurden dann die ursprünglich getrennt betriebenen Stromverteilungsnetze der einzelnen Kraftwerke miteinander gekuppelt. Auch dies geschah unter dem Gesichtspunkt der Sicherstellung der Energieversorgung; denn es war auf diese Weise bei Störungen in den Stromerzeugungsanlagen des einen Netzes möglich, über die Kuppelstellen Energie aus den Netzen benachbarter Kraftwerke zu beziehen.

Die Kupplung der Netze erwies sich aber nicht nur für den Störungsfall, sondern auch aus wirtschaftlichen Gründen für den störungsfreien Betrieb als notwendig. Kraftübertragungsleitungen mußten über große Entfernungen gebaut werden, weil die örtliche Lage der energieerzeugenden Kraftwerke häufig durch das Vorkommen natürlicher Energiequellen, beispielsweise von Wasserkräften oder Braunkohlelagern, bestimmt wird, während anderseits die Hauptverbrauchsbezirke, wie Industriegegenden, aus anderen Gründen u. U. räumlich weit davon entfernt liegen.

Anforderungen zur Betriebsführung von Verbundnetzen

Diese Entwicklung hat schließlich dazu geführt, daß heute die großen Energieerzeugungs- und Verteilungsanlagen mannigfach miteinander gekuppelt sind und daß zwischen den Netzen ein Energieaustausch in großem Umfang stattfindet. Der Verbundbetrieb stellt an die Betriebsführung ganz andere Anforderungen, als dies früher bei den getrennt arbeitenden Werken der Fall war. Jetzt können die zur Betriebsführung notwendigen Beobachtungen und Messungen nicht mehr in den Kraftwerken allein angestellt werden, sondern es ist notwendig, auch die elektrischen Vorgänge an den Kuppelstellen der Netze in den entfernt liegenden Schalt- und Umspannstationen zu erfassen und laufend der Betriebsleitung zur Kenntnis zu bringen[1]). Auch unmittelbares Eingreifen durch Fernsteuerung muß häufig zum Aufrechterhalten oder zur schnellen Wiederaufnahme der Energielieferung nach Störungen ermöglicht werden.

Durch die im Stromversorgungsbetrieb schon frühzeitig angewendeten Fernsprecheinrichtungen können diese Aufgaben nicht erfüllt werden. Wenn ein Meßwert, der irgendwo im Netz erfaßt werden muß, über eine größere Entfernung zur Kenntnis der Betriebsleitung gebracht werden soll, könnte zwar die gelegentliche Durchgabe der Meßgröße mit Hilfe des Fernsprechers geschehen, jedoch naturgemäß nicht ständig, so daß dieses Verfahren beispielsweise für das Beobachten mehrerer schnell wechselnder Werte völlig unzulänglich wäre. Eher schon könnten Fernschaltvorgänge in der Weise durchgeführt werden, daß auf Grund telephonischer Anweisungen die von der betriebsführenden Stelle angeordneten Schaltungen durchgeführt werden und ihr Erledigen über den Fernsprecher rückgemeldet wird. Wenn dennoch im neuzeitlichen Kraftwerkbetrieb die Verfahren der kontinuierlichen Meßwertübertragung, der vollselbsttätigen Signalisierung und der unmittelbaren Fernschaltung immer mehr angewendet werden, so ist der Hauptgrund hierfür der durch das Anwenden dieser Fernwirkgeräte erzielte Zeitgewinn beim Durchführen von betriebsmäßig erforderlichen Messungen, Signalisierungen und Steuervorgängen. Dazu kommt noch der schon jetzt fühlbare und in noch höherem Maße wahrscheinlich in Zukunft bestehende Mangel an gut vorgebildeten Bedienungsleuten, der dazu zwingt, kleinere Schaltanlagen völlig und größere Anlagen, u. U. in Verbindung mit örtlichen Selbststeuereinrichtungen, wenigstens soweit fernzubedienen, daß die den Energiefluß vermittelnden Verbindungskanäle einheitlich von zentraler Stelle aus ohne Zuhilfenahme menschlicher Vermittlungstätigkeit gesteuert werden können.

Aufgaben der Fernwirkeinrichtungen

An Meldungen sind, um die Hauptanwendungsmöglichkeiten von Fernwirkeinrichtungen im Sinne dieses Aufsatzes zu zeigen, in Starkstromanlagen vor allem die Stellungsmeldungen der Leistungs- und Trennschalter, aber auch die Stufenstellungen von Regeltransformatoren oder regelbaren Kompensationsspulen, ferner die üblichen Betriebsmeldungen und Signale über das Arbeiten von Schutzrelais und selbsttätigen Schalteinrichtungen, über die Betriebsbereitschaft von Hilfsstromquellen und Druckluftspeichern für die Schalterbetätigung und ähnliches zu übertragen. Für die Fernsteuerung kommt hauptsächlich das Betätigen der Starkstromschalter, das Ferneinstellen von Regelschaltern an Stufentransformatoren, das Steuern von Leistungs- und Spannungsreglern, das Ingangsetzen örtlicher Selbststeueranlagen für die Ferninbetriebnahme und das Abstellen von Generatorsätzen u. a. in Betracht.

*) Auszug aus einem Vortrag, gehalten am 11. 12. 1940 in der Arbeitsgemeinschaft „Allgemeine Elektrotechnik" des VDE Bezirk Berlin.

[1]) S. a. E. Kraft, Lastverteilung in Verbundnetzen. ETZ 61 (1940) S. 1047; dort weitere Schrifttumsangaben.

Unzulänglichkeit bisheriger Hilfsmittel für Fernsteuerzwecke

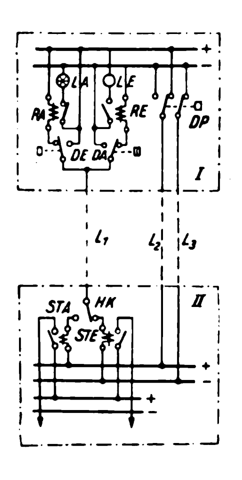
Der Versuch, etwa die bis dahin bekannten und für die elektrische Betätigung von Schaltern innerhalb von Kraftwerken gebräuchlichen Schaltungen und Geräte für die Zwecke der Fernbedienung und Fernüberwachung zu verwenden, mußte scheitern. Der Grund hierfür ist folgender: Alle diese Verfahren, die nur über kürzere Entfernungen verwendet werden, erfordern zwischen dem gesteuerten Gerät und dem Betätigungsschalter Hilfsleitungen in verhältnismäßig großer Anzahl; denn es wurde hierbei für die Übertragung jedes Melde- oder Steuervorganges jeweils ein besonderer, meist aus zwei Leitungen bestehender Stromkreis benutzt. Bei größeren Entfernungen würden daher die Kosten für die Hilfsleitungen zwischen den Werken so hoch werden, daß derartige Anordnungen völlig unwirtschaftlich werden, vorausgesetzt, daß es technisch überhaupt möglich wäre, größere Entfernungen damit zu überbrücken. So bestand also die Grundforderung bei der Entwicklung von Fernwirkgeräten darin, die Übertragungsvorgänge mit einem Mindestaufwand an Hilfsleitungen durchzuführen. Diese Forderung beherrschte die gesamte Entwicklung der Geräte und Schaltungen.

Wichtigste Fernsteuerverfahren

1. Eindrahtverfahren für kurze Entfernungen

Solange die Entfernungen zwischen Steuerstelle und gesteuerter Station noch nicht allzu groß waren, konnte das Eindrahtverfahren angewendet werden, das mit Gleichstrom arbeitet. Bei dieser Art der Fernsteuerung ist die Anzahl der Übertragungsleitungen bereits auf eine einzige Leitung für jeden fernzusteuernden und fernzumeldenden Schalter und zwei für alle Schalter einer Station gemeinsame Rückleitungen verringert.

Die Steuerung nach dem Eindrahtverfahren arbeitet folgendermaßen (Bild 1): Durch den Hilfskontakt *HK* des fernbedienten Schalters wird die Fernleitung L_1 in der gesteuerten Station je nach der Stellung des Schalters entweder an den positiven oder an den negativen Pol der Stromquelle gelegt. Daher wird in der Steuerstelle jeweils das an den Gegenpol angeschlossene „Aus"- oder „Ein"-Melderelais *RA* oder *RE* zum Ansprechen gebracht, während das an den gleichen Pol angeschlossene Relais durch die Steuerleitung L_1 überbrückt und dadurch zum Abfallen gebracht wird. Die Wicklungen der im Meldestromkreis in Reihe mit den Melderelais liegenden Steuerrelais *STA* und *STE* sind so bemessen (Stromwicklung), daß durch den Meldestrom ein Ansprechen dieser Steuerrelais nicht stattfinden kann. Diese Relais arbeiten erst dann, wenn durch die Steuerdruckknöpfe *DA* oder *DE* die Relaiswicklungen *RA* oder *RE* absichtlich überbrückt werden und dadurch die Stromstärke im Fernleitungskreis erhöht wird. Der Schaltbefehl wird nach Ausführen der Schaltung



I Steuerstelle
$L_1 \cdots L_3$ Fernleitungen
DP Prüfdruckknopf
DE, *DA* Steuerdruckknöpfe für „Ein" und „Aus"
STE, *STA* Steuerrelais für „Ein" und „Aus"
II gesteuertes Werk
HK Hilfskontakt am gesteuerten Schalter
LE, *LA* Meldelampen für „Ein" und „Aus"
RE, *RA* Melderelais für „Ein" und „Aus"

Bild 1. Grundsätzliche Schaltung des Eindraht-Fernsteuerverfahrens

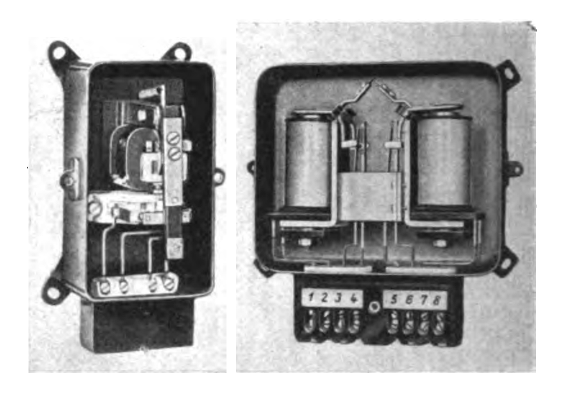


Bild 2. Schalt- und Melderelais für die Eindrahtsteuerung.

selbsttätig durch den Hilfskontakt *HK* am ferngesteuerten Schalter beendet. Ist der Steuerdruckknopf wieder in seiner Ruhelage, so werden die Melderelais zur Anzeige der Stellungsänderung in der Steuerstelle umgeschaltet. Bild 2 zeigt die bei der Eindrahtsteuerung verwendeten, starkstrommäßig ausgeführten Steuer- und Melderelais; das letztere ist als Kipprelais mit mechanischer Verriegelung ausgebildet.

2. Wählerfernsteuerung

Für größere Entfernungen würde der Leitungsaufwand der Eindrahtsteuerung untragbar sein. Für diese Fälle gaben die Geräte für die automatische Telephonie ein Vorbild zum Ausbilden von Fernsteuereinrichtungen (Bild 3a): Mit Hilfe seines Selbstanschlußapparates *ZG* kann ein Teilnehmer über die beiden Leitungen, die ihn mit seinem Amt verbinden, durch Wahl der entsprechenden Anschlußnummer mit jedem anderen Teilnehmer die Verbindung aufnehmen. Eine ähnliche Aufgabe liegt zweifellos bei den Fernbedienungseinrichtungen vor, bei denen es darauf ankommt, aus einer Anzahl von Schaltern in einer entfernten Station den jeweils für eine Fernbetätigung gebrauchten Schalter auszuwählen. Obwohl aber hinsichtlich der Aufgabenstellung weitgehende Übereinstimmung bestand, war es doch notwendig, beim Durchbilden von Fernbedienungseinrichtungen für Starkstromanlagen ganz besondere Ansprüche hinsichtlich der Sicherheit der Auswahlvorgänge zu stellen. Schließlich ist eine gelegentliche Falschverbindung am Fernsprecher im allgemeinen nicht tragisch zu nehmen. Im Gegensatz dazu aber würde ein entsprechender Vorgang in der Fernsteuertechnik bei Starkstromanlagen nur unter günstigen Umständen ohne ernste Folgen abgehen. Man muß sich also gegen Fehlschaltungen unter allen Umständen sichern.

Hierfür wurden eine Reihe von Maßnahmen erdacht, von denen nur eine in Bild 3b grundsätzlich angedeutet ist.

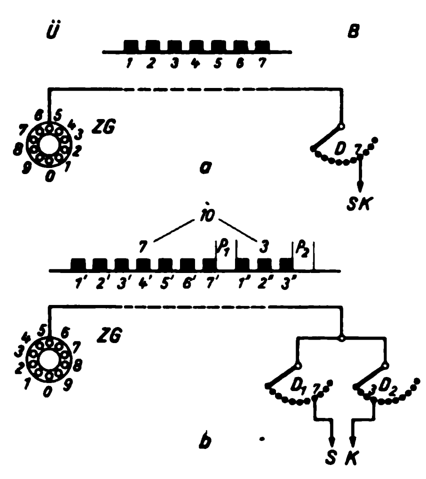


Bild 3. Auswahlvorgänge.

a in der Fernsprechtechnik b in der Fernsteuertechnik

Daran soll der wesentliche Unterschied zwischen dem Auswahlvorgang in der Telephonie und dem der Fernbedienungstechnik gezeigt werden. In der Telephonie wird der Teilnehmer 7 durch sieben Stromstöße ausgewählt. In der Fernbedienungstechnik dagegen wird die Auswahl des Schalters 7 zur Sicherheit gegen Fehlschaltungen durch das Übermitteln von sieben Auswahlimpulsen und beispielsweise drei weiteren, nach einer Pause ausgesandten Ergänzungsimpulsen vorgenommen. Alle Schaltbefehle einer Apparatur werden also grundsätzlich immer durch die gleiche Gesamtzahl von Impulsen ausgedrückt, während die Lage der Pause innerhalb der Impulsreihe den jeweiligen Befehl kennzeichnet. Die Empfangsapparatur arbeitet so, daß ein Steuerbefehl nur dann tatsächlich ausgeführt wird, wenn insgesamt nicht mehr und nicht weniger als beispielsweise 10 Impulse und eine einzige Pause innerhalb der Impulsfolge aufgenommen wurden, also nur dann, wenn der Übertragungsvorgang ungestört verlaufen ist.

Bild 4 zeigt die Merkmale des für die Übermittlung eines Schaltbefehls übertragenen Impulstelegrammes. Vorausgeschickt sei, daß zum dauernden Überwachen des Fernleitungsstromkreises mit Ruhestrom auf der Leitung gearbeitet wird. Bei Kurzschluß oder Unterbrechung der Fernleitung wird das längere Ausbleiben des Leitungs-Ruhestromes durch das Empfangsrelais *E* in der Überwachungsstelle in Zusammenarbeit mit einem Zeitrelais erfaßt und hierdurch eine Leitungsstörung angezeigt. Für das Übertragen von Impulsen zum Fernsteuern und Fernmelden wird der von der Betriebsstelle oder Unterstation her eingespeiste Leitungsstrom entweder in der Überwachungsstelle oder im gesteuerten Werk impulsmäßig unterbrochen. Alle für das Durchführen der verschiedenen Fernschaltvorgänge ausgesandten Impulsfolgen weisen in ihrem Aufbau das eine gemeinsame Kennzeichen auf, daß die Gesamtzahl der zu einer Sendung gehörenden Impulse und auch die Zahl der Impulspausen, durch deren Lage innerhalb der Impulsreihe das ausgesandte Kommando ausgedrückt wird, immer die gleichen sind. Störungen beim Impulsaussenden und -übertragen oder beim Empfang in der Gegenstation werden sich durch den Fortfall eines Impulses oder auch durch das Hinzukommen eines Störimpulses bemerkbar machen. Also wird entweder die Anzahl der Impulspausen oder die Zahl der Impulse einer Impulsreihe verändert. In dem Beispiel Bild 4 werden der Kontaktzahl der hier verwendeten Schrittwähler entsprechend insgesamt stets 12 Impulse ausgesandt, die durch die Befehlsrast P_1 unterbrochen sind; dargestellt ist das Aussenden des Schaltbefehls *4*.

Die Vorgänge beim Übermitteln des Steuerbefehls sind leicht zu verfolgen: Beim Aussenden des Kommandos mit Hilfe des Zugknopfes *Zk* im Steuerquittungsschalter wird in der Überwachungsstelle ein Suchwähler *Ds* angelassen, dessen Kontaktarm selbsttätig schnell in die dem auszusendenden Befehl entsprechende Lage gesteuert wird. Sofort darauf tastet der Impulswähler *Di*, der übrigens bei jedem Schritt über seinen Drehmagnet-Hilfskontakt di_a und das Impulsrelais *J* ein Unterbrechen des Fernsteuerstromkreises bewirkt, die Stellung des Suchwählers ab; er fügt an der dem jeweiligen Kommando entsprechenden, durch den Wählerarm *Ds* belegten Stelle durch das Unterbrechungsrelais *U* die Befehlsrast P_1 ein.

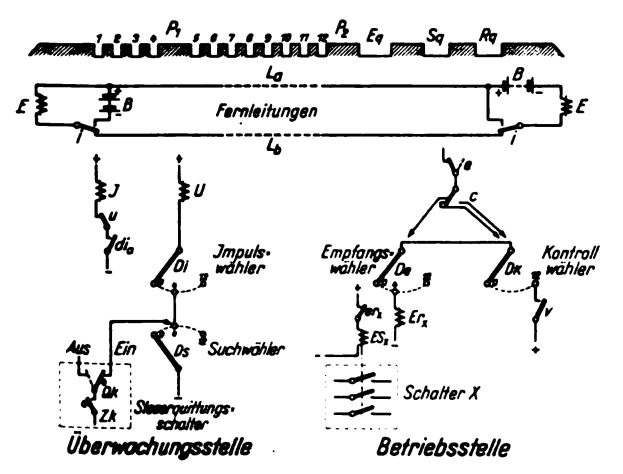


Bild 4. Steuervorgang der Wählerfernsteuerung.

An der Betriebsstelle geschieht der Empfang der Impulsreihe in der Weise, daß die vor der Befehlspause eintreffenden Stromstöße sowohl den Empfangswähler *De* als auch den Zähl- oder Kontrollwähler *Dk* gleichzeitig schrittweise weiterschalten. Während der Impulspause P_1 wird durch den Kontakt *c* eines abfallverzögerten Relais der Fortschaltmagnet des Empfangswählers *De* abgeschaltet und so dafür gesorgt, daß die nach der Pause eintreffenden Impulse zum Weiterschalten lediglich noch den Zählwähler weiter schalten. Die Stellung des Empfangswählers *De* in der Betriebsstelle entspricht also nach beendetem Übertragungsvorgang der Stellung des Suchwählers in der Sendestelle. Durch seinen Schaltarm wurde das dem ausgesandten Befehl zugeordnete Endrelais *Er* in der Betriebsstelle ausgewählt. Dieses Schaltrelais *Er* kann jedoch erst dann ansprechen, wenn der Schaltarm des Kontrollwählers dadurch, daß er auf Schritt *12* angekommen ist, das ordnungsgemäße Übertragen der gesamten Impulsreihe verbürgt. Die Schaltung wird ausgeführt, wenn die zweite längere Pause P_2 vorliegt, durch die die Reihe der Steuerimpulse endgültig abgeschlossen wird, denn während dieser Pause schließt der Kontakt *v* eines Zeitrelais den Stromkreis für das Relais *Er*. Im übrigen ist auch dafür gesorgt, daß nicht etwa durch eine innere Störung in der Empfangsapparatur der Zählwähler einen oder mehrere Schritte zu wenig zurücklegt, denn das wäre gleichbedeutend mit einer Fehlschaltung und wird daher, wie noch mancherlei andere Störungsmöglichkeiten, durch geeignete Verriegelungsschaltungen innerhalb der Empfangsapparatur verhindert.

Der Fernbedienungsvorgang wäre unvollkommen, wenn nicht der Befehlsstelle sofort das Ausführen des Befehls rückgemeldet würde. Dies geschieht im Anschluß an einen Schaltbefehl durch eine Schnellrückmeldung, ohne daß es hierzu etwa der Aussendung einer längeren Impulsreihe durch das Unterwerk und damit eines besonderen Wählerumlaufs bedarf. Um an Zeit zu sparen, wird diese Rückmeldung über die noch in ihrer für die Fernschaltung eingenommenen Stellung befindlichen Wähler durch eine hinsichtlich der Länge der Impulse und Impulspausen sichergestellte Folge von zwei Quittungsimpulsen unmittelbar im Anschluß an den Fernsteuervorgang durchgeführt. Der erste der beiden Quittungsimpulse *Eq* wird von der Betriebsstelle ausgesandt, sobald das Endrelais *Er* anspricht und damit den Steuerbefehl dem Antrieb des gesteuerten Schalters *X* übermittelt. Der zweite Quittungsimpuls *Sq* wird abgesandt, wenn der gesteuerte Schalter seine Stellung tatsächlich geändert hat. Treffen beide Quittungsimpulse innerhalb der vorgeschriebenen Zeit in der Überwachtungsstelle ein, so werden dort die Melderelais des überwachten Schalters der neuen Schalterstellung entsprechend umgestellt. Gleichzeitig wird selbstätig ein Schlußimpuls von der Überwachungsstelle zur Unterstation gesendet. Dieser Schlußimpuls *Rq* beendet den Steuer- und Meldevorgang durch Stillsetzen der Wählerapparatur.

Das Übertragen von Meldungen in Richtung Unterwerk—Überwachungsstelle, also von Meldungen, die nicht im Anschluß an einen Steuerbefehl der Kommandostelle, sondern selbsttätig durch irgendwelche Betriebsvorgänge gegeben werden, geschieht in ähnlicher Weise wie bei dem Steuervorgang durch Übermitteln einer Impulsfolge in entgegengesetzter Richtung. Während aber beim Steuervorgang je Wählerumlauf immer nur eine einzige Auswahlpause eingefügt wurde und damit also auch üblicherweise nur ein einziger Befehl je Übertragungsvorgang übermittelt wird, wurden beim Meldevorgang

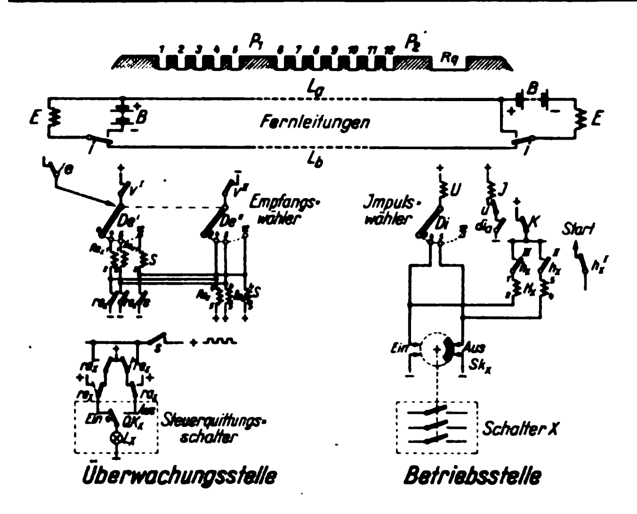


Bild 5. Meldevorgang beim Wählerverfahren.

soviele längere Pausen in die Impulsreihen eingeführt, als Meldungen vorliegen. Mit Rücksicht auf die Tatsache, daß in Starkstromanlagen häufig mehrere Meldungen zu gleicher Zeit auftreten, ist also für die Rückmeldung Vorsorge getroffen, durch einen einzigen Wählerumlauf sämtliche Änderungsmeldungen zu übertragen. Dabei geschieht die Sicherstellung wieder in der Weise, daß die während des Wählerumlaufs zunächst nur vorbereitend eingestellten Meldungen erst nach der am Schluß des Umlaufs durchgeführten Prüfung des Synchronlaufs von Sende- und Empfangswähler freigegeben werden. Ganz ähnlich wird übrigens auch für den Fernsteuervorgang dann verfahren, wenn die Betriebsverhältnisse es in besonderen Fällen erfordern, durch einen einzigen Wählerumlauf mehrere gleichzeitig auszuführende Schaltvorgänge auszulösen.

In Bild 5 ist das Übertragen eines Meldevorganges dargestellt. Ändert der Schalter X in der Betriebsstelle seine Stellung, so fällt das diesem Schalter zugeordnete, normalerweise angezogene Halterelais H_x ab und veranlaßt durch seinen Kontakt h_x^I den Lauf der Wählerapparatur. Der Kontaktarm des Impuls-Sendewählers Di überstreicht schrittweise die einzelnen Bahnkontakte. Durch seinen Anker-Arbeitskontakt di_a und das Impulsrelais J sendet der Wähler bei jedem Schritt einen Impuls über die Leitung. Diese Impulse werden in der Überwachungsstelle durch das Empfangsrelais E aufgenommen und dazu benutzt, den zweibahnigen Empfangswähler De im Gleichlauf mit dem Sendewähler Di der Betriebsstelle schrittweise weiterzuschalten. Die Meldekennzeichen werden in die Impulsreihe jeweils an den Stellen in Form einer längeren Pause eingefügt, an denen der Arm des Sendewählers Di eine vom Hilfskontakt des überwachten Schalters belegte Kontaktlamelle vorfindet. Im Beispiel des Bildes 5 wird die Pause zum Melden der „Aus"-Stellung des Schalters X eingefügt, sobald der Wählerarm von Di den Schritt 5 des Kontaktkranzes erreicht hat.

In der Überwachungsstelle ist ein vom Empfangsrelais beeinflußtes Relais V mit Abfallverzögerung vorhanden, das auf jedem Wählerschritt prüft, ob im Anschluß an den Fortschaltimpuls der normale Impulsabstand oder eine Melderast vorliegt. Wenn letzteres der Fall ist, kommt der Anker des Relais V zum Abfallen, während er angezogen bleibt, wenn die Relaiswicklung nur für die Dauer der normalen Impulspause stromlos wird. Die Kontakte v^I bzw. v^{II} stellen über die Wählerbahn De' bzw. De'' die Melderelais für die Anzeige der Schalterstellungen „Ein" und „Aus", R_e und R_a, während des Wählerumlaufes den Schalterstellungen in der Betriebsstelle entsprechend ein. Wird auf einem bestimmten Schritt, z. B. Schritt 5 des Empfangswählers, die Meldepause empfangen, so wird durch den Kontakt v^{II} die Wählerbahn De'' und die Wicklung 4/5 das Melderelais R_a zur Kennzeichnung der „Aus"-Stellung des überwachten Schalters zum Ansprechen gebracht. Es hält sich selbst über den Kontakt r_a und schließt den Stromkreis für die Meldelampe L im Steuerquittungsschalter. In gleicher Weise werden die „Ein"- und „Aus"-Stellungen sämtlicher Schalter durch den Sendewähler Di abgetastet und durch den Empfangswähler De den Melderelais übermittelt. Wird auf einem bestimmten Schritt nur die kürzere Pause zwischen zwei Fortschaltimpulsen empfangen, so bleibt das Verzögerungsrelais V angezogen und bringt das an diesen Wählerschritt angeschlossene Melderelais über den Kontakt v^I und die Wählerbahn De' durch Einschalten der Gegenwicklung 1/2 zum Abfallen. So werden während des Wählerlaufes die einzelnen Melderelais Schritt für Schritt in die den Stellungen der überwachten Schalter entsprechenden Lagen gebracht, wodurch die Anzeige der Meldungen vorbereitet wird. Die Anzeige der Änderungsmeldungen durch Aufleuchten der Lampen in den Steuerquittungsschaltern wird erst nach Beendigen des vollen Wählerumlaufs freigegeben, und zwar erst dann, wenn eine Prüfung des Synchronlaufes von Sende- und Empfangswähler durchgeführt wurde. Diese geschieht durch den Sendewähler, der bei Erreichen seines Kontaktes 12 eine längere Pause P_2 aussendet. Wenn diese in der Überwachungsstelle den Empfangswähler ebenfalls auf Stellung 12 antrifft, wird das Kontrollrelais S eingeschaltet, und durch seinen Kontakt s werden sämtliche Meldelampen eingeschaltet. Von der Überwachungsstelle aus wird nunmehr ein Quittungs-Schlußimpuls Rq ausgesandt, der in der Betriebsstelle das Wählergerät für weitere Meldevorgänge bereit macht.

Es läßt sich nicht verhindern, daß der Übertragungsvorgang von außen her gelegentlich gestört wird. Dies kann durch Witterungseinflüsse oder auch mechanisches Einwirken auf den Übertragungskanal geschehen. Wegen der vom Starkstrombetrieb geforderten unbedingten Sicherstellung der Übertragungsvorgänge werden sich derartige Störungen jedoch immer so auswirken, daß unter keinen Umständen eine Fehlmeldung oder gar Fehlschaltung zustande kommt. Fallen die Wähler außer Tritt, so werden die in Vorbereitung befindlichen Melde- und Schaltvorgänge sofort abgebrochen und die Apparaturen beiderseits selbsttätig in die Nullstellung gesteuert.

Häufig kommt es vor, daß die Zahl der in einer Station zu steuernden Schalter so groß ist, daß das Fassungsvermögen eines Wählers der üblichen Größe mit etwa 34 Bahnkontakten überschritten wird. Dann wird ähnlich wie in der Fernsprech-Selbstanschlußtechnik das Gruppenvorwahlverfahren angewendet (Bild 6). Unter Beibehalten der schon beschriebenen Arbeitsweise der Apparaturen wird dabei der Auswahlvorgang in der Weise durchgeführt, daß durch eine Vorimpulsreihe zunächst ein Gruppenwähler GW und unmittelbar im Anschluß daran durch eine weitere Impulsfolge der durch den Gruppenwähler ermittelte Einzelwähler eingestellt wird. Auf diese Weise kann die Zahl der an eine Apparatur anzuschließenden Schalter vervielfacht werden.

Diese Art der Gruppenbildung gestattet auch, die Wählerapparaturen für mehrere Außenstationen über den gleichen Verbindungskanal im Zusammenwirken mit einer gemeinsamen Apparatur in der Überwachungsstelle im Gemeinschafts- oder Linienverkehr zu betreiben. In diesem Fall wird so verfahren, daß die Schalter ver-

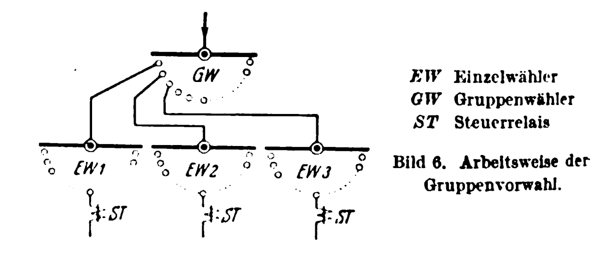


Bild 6. Arbeitsweise der Gruppenvorwahl.

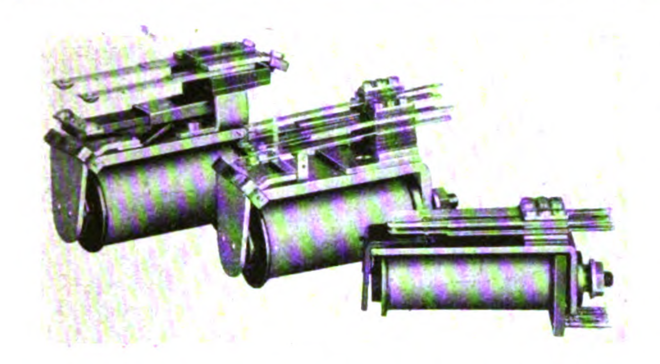


Bild 7. Relaisbauarten für Fernbedienungsanlagen nach dem Wählerverfahren.

schiedener Stationen verschiedenen Wählergruppen zugeordnet werden. Beim Übermitteln eines Steuerbefehles werden dann während des Auswahlvorganges die Wähler aller Außenstellen synchron mit dem Sendewähler der Überwachungsstelle weitergeschaltet. Durch die Vorimpulsreihe wird es jedoch nur derjenigen Unterstation ermöglicht, über den eingestellten Vorwähler einen Einzelwähler fortzuschalten und damit einen Schaltbefehl auszuführen, in der sich der ausgewählte Schalter befindet.

Wenn eine der im Reihenverkehr betriebenen Außenstellen Meldungen der gemeinsamen Überwachungsstelle übermittelt, so geschieht dies ebenfalls unter Vorausenden einer Gruppenauswahl-Impulsfolge, durch die der Empfangsapparatur das Kennzeichen dafür mitgeteilt wird, aus welcher Schaltergruppe bzw. aus welcher der Außenstellen die durch die folgende Impulsreihe übermittelte Schalterstellungsmeldung stammt.

Beim Übertragen der Impulsfolgen wird mit etwa 10 Impulsen je Sekunde gearbeitet; die Dauer des normalen Impulses und der normale Impulsabstand betragen daher je etwa 0,05 s. Für die Befehls- oder Melderast wird man etwa 0,3 s wählen. Bei Kenntnis dieser Werte kann man die Dauer der Übertragungsvorgänge unmittelbar aus dem Impulsbild ablesen. Wenn es sich um kleinere Anlagen für die Fernbedienung bis zu 5 Schaltern, also 10 Steuerbefehlen für „Ein" bzw. „Aus" handelt, ergeben sich für einen vollständigen Steuervorgang mit anschließender Schnellrückmeldung etwa 3,5 s. Für die Stellungsmeldung der 5 Schalter sind einschließlich der Synchronlaufprüfung der Wähler etwa 4 s erforderlich.

Bei Anlagen mittleren Umfanges, etwa für die Fernbedienung von 16 Schaltern, ergibt sich für den Steuervorgang mit Rückmeldung eine Zeit von etwa 6,5 s und für den Wählerumlauf zum Übertragen der Stellungen sämtlicher Schalter etwa 8 s. Diese Übertragungszeiten werden bei großen Anlagen durch die Gruppenwahl erhöht. Eine Fernbedienungseinrichtung für 150 Schalter erfordert für die Fernsteuerung und Schnellrückmeldung eines Schalters etwa 11 s; die Übertragung der Stellungsmeldungen aller Schalter einer Gruppe (16 Schalter) dauert etwa 12 s.

Wenn die Geräte für gewisse Anwendungszwecke so ausgebildet werden, daß mehrere Steuerbefehle während eines Wählerumlaufs vorbereitet und zum Schluß gleichzeitig ausgeführt werden, kann der Steuervorgang für einen einzigen Schalter einschließlich der Schnellrückmeldung in etwa 8 s durchgeführt werden. Derselbe Vorgang dauert etwa 16 s, wenn sämtliche 16 Schalter einer Gruppe gleichzeitig gesteuert werden, ein Fall übrigens, der im praktischen Betrieb nicht auftritt.

Für Prüfzwecke kann übrigens bei jeder Wählerapparatur zu beliebiger Zeit ein Kontrollumlauf der Wähler veranlaßt werden; dabei wird zunächst, sichergestellt wie ein Steuerbefehl, ein Kontrollkommando zur überwachten Station gesandt. Dieses bewirkt dort das gleichzeitige Abfallen sämtlicher Melderelais, indem z. B. der Ruhekontakt K in Bild 5 kurzzeitig geöffnet wird. Damit ist für die Wählerapparatur der Anlaß gegeben, alle Schalterstellungen von neuem zu melden, so als ob alle Schalter plötzlich ihre Stellungen geändert hätten. Da beim Einleiten des Prüfvorganges auch sämtliche Anzeigerelais in der Überwachungsstelle zunächst abgeworfen wurden, werden beim Kontrollumlauf der Wähler alle Meldestromkreise neu aufgebaut.

Bild 7 zeigt die drei Relaisbauformen, die den Hauptbestandteil der Fernbedienungseinrichtungen nach dem Wählerverfahren darstellen. Das Relais rechts und das in der Mitte sind Telephonrelais in gewöhnlicher bzw. verstärkter Ausführung, mit denen die innere Schaltung der Geräte aufgebaut wird. Das links dargestellte Relais wird als Endrelais bei Wählerfernsteuerungen verwendet. Da es als Verbindungsglied zur Starkstromanlage dient, ist es starkstrommäßig isoliert und verbürgt damit die aus Gründen der Betriebssicherheit zu fordernde Abriegelung zwischen Schwachstrom- und Starkstromgeräten. Bild 8 zeigt einen Schrittwähler mit 35 Bahnkontakten und indirektem Antrieb durch eine vom Wählermagneten gespannte Fortschaltfeder, während Bild 9 eine Wählerapparatur mittleren Umfanges zeigt, bei der die einzelnen Teile in einem gemeinsamen Wandschrank angeordnet sind.

Bild 8. Schrittwähler.

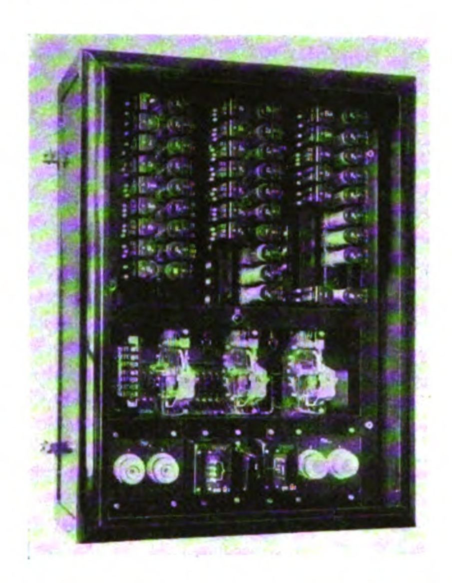


Bild 9. In einen Wandschrank eingebaute Wählereinrichtung.

Wirtschaftlichkeitsgrenze von Eindraht- und Wählersteuerung

Mit dem Wählerverfahren ist im allgemeinen das Überbrücken großer Entfernungen möglich. Im folgenden soll festgestellt werden, bei welchen Stationsentfernungen die aus wirtschaftlichen Gründen gezogene Grenze der Anwendbarkeit der beiden wichtigsten Fernbedienungsverfahren, der Eindraht- und der Wählersteuerung, verläuft[2]). Zuvor müssen noch einige Bemerkungen über die

[2]) S. a. ETZ 59 (1938) H. 47 u. 48 und W. Henning, Grundsätzliche Überlegungen zur Wahl einer Eindraht- oder Wählerfernsteuerung in Fernbedienungsanlagen. Siemens-Z. 20 (1940) S. 41.

Verbindungskanäle gemacht werden, da u. U. bei der Wahl des Verfahrens übergeordnete technische Gesichtspunkte ausschlaggebend sind.

Da bei der Eindrahtsteuerung für die Übertragungsvorgänge Gleichstrom verwendet wird, müssen die Fernleitungen also für Gleichstromübertragung geeignet sein, so daß nur metallisch durchlaufende Verbindungen verwendet werden können. Wenn dagegen nur solche Hilfsleitungen zur Verfügung stehen, die wegen der Nachbarschaft von Starkstromleitungen gelegentlich hohe Spannungen annehmen können, läßt sich diese Forderung nicht erfüllen. Bei Hilfsleitungen, die mit der Hochspannungsleitung auf den gleichen Masten verlegt sind, besteht die Gefahr der unmittelbaren Berührung der Leitungen. Aber auch dann, wenn mit einer unmittelbaren Berührung zwischen Hochspannungsleitung und Fernsteuerhilfsleitung nicht gerechnet werden muß, weil beide Leitungen in einem gewissen Abstand voneinander verlegt sind (z. B. Fernmeldeleitungen auf eigenem Gestänge in der Nachbarschaft von Hochspannungsfreileitungen oder Fernmelde-Erdkabel in Parallelführung mit Hochspannungskabeln), werden bisweilen bei Doppelerdschluß der Drehstromleitung Spannungen in der Fernmeldeleitung induziert, die bei größerer Länge der Parallelführung, bei geringem Abstand der beiden Leitungen und bei hohen Werten des Doppelerdschlußstromes beträchtliche Werte annehmen können. Diesen Beanspruchungen muß durch ausreichende Isolation der Fernmeldeleitung Rechnung getragen werden. Außerdem müssen aber an den Leitungsenden in beiden Stationen die Ortsstromkreise unter Zwischenschalten von Isoliertransformatoren an die Fernleitungen angeschlossen werden. Die Isolation zwischen den Wicklungen der Leitungsseite und der Stationsseite dieser Übertrager bietet für Personal und Geräte Schutz gegen die im Störungsfall zu erwartenden hohen Spannungen. Für das Übertragen der Fernwirkvorgänge ist dann aber nur noch die Verwendung von Wechselstrom möglich. Damit scheidet also die Anwendung der Eindrahtsteuerung aus. Bei der Wählersteuerung vermittelt man die Übertragungsvorgänge in einem solchen Fall durch Wechselstromimpulse.

Bild 10 gibt den Verlauf der Wirtschaftlichkeitsgrenze an für den Fall, daß zwischen den Stationen keine Fernsteuerkanäle verfügbar sind, diese also für beide Verfahren neu beschafft werden müssen. Die Abhängigkeit der Grenzentfernung von der Anzahl der fernbedienten Schalter ist damit zu erklären, daß mit wachsender Schalterzahl der preisliche Vorsprung der gegenüber der Wählerapparatur im Aufwand einfacheren Eindrahtapparatur durch die mit der Schalterzahl wachsenden Kabelkosten immer mehr aufgehoben wird. Wenn nur wenige Schalter fernbedient werden müssen, ist also die

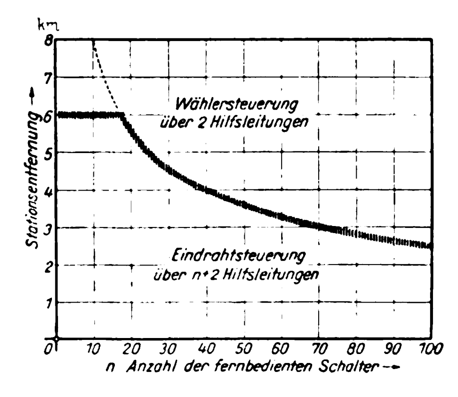


Bild 10. Wirtschaftlichkeitsgrenze zwischen Fernbedienungsanlagen nach dem Wähler- und dem Eindrahtverfahren.

Eindrahtsteuerung auch für mittlere Entfernungen noch wirtschaftlich. Ein Beschränken der Reichweite der Eindrahtsteuerung geschieht jedoch schon durch die Energieverhältnisse der Fernleitungskreise bei etwa 6 km. Diese Grenze gilt bei Verwenden von Fernmeldekabeln mit Cu-Leitern von 0,8 mm Dmr. und für eine Hilfsspannung von 60 V.

Zusammenfassung

Für die Betriebsführung der in ihrer Anzahl und Ausdehnung ständig wachsenden Energieerzeugungs- und Verteilungsanlagen müssen in steigendem Maße Fernbedienungseinrichtungen eingesetzt werden. Die Grundforderungen bei der Entwicklung derartiger Geräte, insbesondere hinsichtlich ihrer Betriebssicherheit und die grundsätzliche Arbeitsweise der beiden wichtigsten Fernsteuerverfahren, der Eindrahtsteuerung und der Wählersteuerung, wurden in allgemeiner Form behandelt. Auch die Gesichtspunkte, die im Einzelfall ausschlaggebend für die Anwendung des einen oder anderen Verfahrens sind, wurden erwähnt.

Aus dem Schrifttum

G. Meiners, Die Technik selbsttätiger Steuerungen und Anlagen. Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin, 1936.

W. Stäblein, Die Technik der Fernwirkanlagen. Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin, 1934.

M. Schleicher, Die elektrische Fernüberwachung und Fernbedienung für Starkstromanlagen und Kraftbetriebe. Springer-Verlag, Berlin 1932.

Zinklegierungen als Austauschwerkstoff in der Elektrotechnik[1])

DK 669.5 : 621.31/.39

Die heute in der Elektrotechnik zur Verfügung gestellten Austauschwerkstoffe aus Zinklegierungen sind im Vergleich zu dem früher verwendeten Zink neue Werkstoffe, vor allem der Leiterwerkstoff Zn-Al 1, und unterscheiden sich von den bisher üblichen Baustoffen nur unwesentlich. Abweichend sind nur die elektrische Leitfähigkeit und die Dauerstandfestigkeit. Beide liegen beträchtlich unter den Werten, die für Kupfer und Aluminium festgelegt sind. Die mangelnde Dauerstandfestigkeit ist durch geeignete Maßnahmen jedoch zu beheben. Ein Austausch gegen Messing im Schaltgerätebau ist aussichtsreich, da die Leitfähigkeit etwa der von Messing entspricht[2]). Auf die geringere Dauerstandfestigkeit und auf die größere Wärmeausdehnung ist zu achten; diese Eigenschaften sind bei der Konstruktion der Geräte zu berücksichtigen. Die Kontaktflächen der Leiter müssen wie bei Aluminium gereinigt werden. Zuverlässige Schraubverbindungen verlangen einen Flächendruck von 0,5 kg/mm². Der Schraubendruck muß durch genügend starke Druckplatten und gut federnde Zwischenglieder übertragen werden. In der Hausinstallation empfiehlt es sich, die Kontakte zu löten, wenn man keine geeigneten Federklemmen anbringen kann. Die niedrige elektrische Leitfähigkeit schließt den Austausch dort aus, wo auf engstem Raum große elektrische Leistungen untergebracht werden müssen, vor allem also in elektrischen Maschinen, Transformatoren und Geräten. Auch für Starkstrom- und Fernmeldekabel wird man die Zinklegierung nicht benutzen, weil infolge des größeren Querschnittes der Leitung ein zu hoher Verbrauch an Isolier- und Mantelstoffen eintreten würde. Die geringe Dauerstandfestigkeit macht die Zinklegierungen im Freileitungsbau und für Fahrdrähte wenig geeignet. Für Leitungen mit kurzen Spannweiten, z. B. im Kranbau oder an Werkzeugmaschinen, kann dagegen die Zinklegierung eingebaut werden. Das Hauptanwendungsgebiet bleibt also als Leiter bei Installationsmaterial und Stromschienen. Allerdings darf für Installationszwecke zur Zeit kein kleinerer Querschnitt als 2,5 mm² genommen werden. *Sb.*

[1]) Nach einem von H. Barbier vor dem VDE-Bezirk Ostpreußen am 3. 2. 1941 gehaltenen Vortrag.

[2]) S. a. das Sonderheft der ETZ 61 (1940) H. 40 über Austauschmetalle in der Elektrotechnik mit 14 Beiträgen aus verschiedenen Fachgebieten.

Synthetischer Standofix-

Draht-

Lack

für Kupfer- und Alu-Drähte hochwärmebeständig imprägnierfest.

Synthetischer Standofix-

Tränklack

für Lackdrahtwicklungen. – Fachberatung steht unverbindlich zur Verfügung.

Dr. Kurt Herberts & Co., vorm. Otto Louis Herberts, gegr. 1866, Lackfabrik, Wuppertal - Barmen.

Dr. Kurt Herberts

Warum so umständliche Widerstandsmessungen –

nach dem Strom-Spannungsverfahren, das viel Zeit in Anspruch nimmt und durch das langwierige Ausrechnen der Werte bedeutende Fehlerquellen in sich birgt? . . . Die Kiesewetter-Präzisions-Meßbrücke erspart Ihnen das nämlich alles! Sie ist das ideale Meßgerät von festen oder flüssigen Leitern, Blitzableitern oder Ankerwiderständen, kann für Gleich- u. Wechselstrom verwendet werden und erspart Ihnen Zeit, Mühe und — Fehlmessungen. Lassen Sie sich doch einmal die Druckschrift Nr. 209 kommen.

EXCELSIORWERK RUDOLF KIESEWETTER · LEIPZIG 2 C 1

RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.313.322 : 621.315.05

Grenzentfernungen für die Leistungsübertragung mit kompoundierten Drehstromgeneratoren. [Nach H. Röthlein, Diss. TH Stuttgart 1939; 46 S., 18 B.]

Die Energieübertragung mit Drehstrom unter Verwendung normaler Synchronmaschinen stößt bei größeren Entfernungen auf Schwierigkeiten, denn die Entfernung, für die eine stabile Übertragung ohne weiteres noch möglich ist, liegt bei etwa 250 km. Man kann nun diese Entfernung durch Überbemessung der Maschinen heraufsetzen, jedoch ist dies aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus nur innerhalb bestimmter Grenzen möglich. In der vorliegenden Arbeit wird nun an Hand verschiedener Kunstschaltungen gezeigt, wie man ohne wesentlichen Aufwand eine größere Maschine vortäuschen und damit die Übertragungsentfernung heraufsetzen kann. Die Untersuchungen beschränken sich nun auf den ganz bestimmten Belastungsfall, daß die Maschine mit einer ohmschen Belastung gefahren wird, die dem Wellenwiderstand der Leitung entspricht. Diese Belastung bezeichnet man als natürliche Leistung der Leitung, und es ergeben sich hierfür sehr einfache Verhältnisse.

Das Stromdiagramm einer beliebigen Drehstrommaschine direkt am starren Netz schneidet die Wirkstromachse unter irgendeinem Winkel. Fährt man nun die Maschine über eine Fernleitung, so wird unter dem Einfluß der Leitung der Schnittwinkel gegen die Vertikale immer größer, bis er zu 90° geworden ist. Für die betreffende Leitungslänge ist jetzt das Wirkleistungsmaximum des zugehörigen Stromdiagrammes erreicht. Wenn jetzt noch eine Wirkleistungszunahme verlangt wird, dann muß die Maschine kippen. Die Leitungslänge nun, für die das Stromdiagramm für den Fall der natürlichen Leistung die Wirkstromachse im Kippunkt schneidet, bezeichnet man als „Grenzentfernung", also als die Entfernung, für die eine stabile Übertragung gerade noch möglich ist.

Es ist nun grundsätzlich zu unterscheiden zwischen „Widerstandsmaschinen" (Asynchronmaschinen in einfacher oder doppelter Speisung), bei denen also die Erregung in irgendeiner Form aus dem Drehstromnetz entnommen wird, und „Maschinen mit eingeprägter EMK", die in ihrer Erregung vollständig unabhängig sind von dem Drehstromnetz. Nach dieser Definition ist also auch eine Synchronmaschine, deren Erregung beispielsweise über einen Gleichrichter erfolgt, eine Widerstandsmaschine.

Aus dem Schrifttum[1]) ist bekannt, daß bei Asynchronmaschinen zur Ermittlung der Grenzentfernung das Leitwertdiagramm herangezogen werden kann. Die Grenzentfernung ist dann gegeben durch den halben Winkel der Tangente an das Leitwertdiagramm gegen die Horizontale im Punkte der natürlichen Leistung. In der vorliegenden Arbeit wird nun nachgewiesen, daß bei Maschinen mit eingeprägter EMK die Grenzentfernung gegeben ist durch den ganzen Winkel der Tangente gegen die Horizontale, aber jetzt des Stromdiagrammes. Es wird ferner der Nachweis erbracht, daß für den besonderen Fall der normalen Synchronmaschine sich kein Widerspruch ergibt zu der bereits bekannten Beziehung, daß in diesem Falle die Grenzentfernung abhängig ist von dem relativen Leerlaufkurzschlußverhältnis der Maschine. Hierunter ist zu verstehen das Verhältnis von dem Kurzschlußstrom bei Leerlauferregung der Maschine zu dem Strom bei natürlicher Leistung der Leitung.

Für verschiedene Maschinengruppen wird dann untersucht, wie durch Kompoundierung der Generatoren, bei normaler Bemessung, der vorerwähnte Winkel verändert werden kann. Es ist anzustreben, diesen Winkel bei Betrieb direkt am starren Netz möglichst groß zu machen. Die Kompoundierung wird dadurch erreicht, daß in den Erregerkreis außer der festen Grunderregerspannung noch eine von Größe und Richtung des Belastungsstromes abhängige Spannung eingeführt wird. Für den Fall einer Widerstandsmaschine und den einer Maschine mit eingeprägter EMK wurden zahlreiche Messungen durchgeführt und die Richtigkeit der aufgestellten Theorie durch Nachrechnung charakteristischer Punkte der Diagramme nachgewiesen.

Als Ergebnis schält sich heraus, daß es für jede beliebige Maschinenkombination genügt, deren Stromgleichung am starren Netz zu kennen, um eine Aussage über die zu erreichende Grenzentfernung machen zu können. Es ist nicht mehr nötig, die Stromgleichung der Maschine unter Berücksichtigung der Fernleitung aufzustellen.

Ob man sich für eine Widerstandsmaschine oder für eine Maschine mit eingeprägter EMK entscheiden soll, ist von Fall zu Fall nachzuprüfen. Die Übertragung mit einer Widerstandsmaschine hat den Nachteil, daß beim gleichen Stromdiagramm die Übertragungsentfernung nur halb so groß ist wie bei einer Maschine mit eingeprägter EMK. Dafür hat man bei Widerstandsmaschinen, insbesondere bei der doppelt gespeisten Asynchronmaschine, wesentlich mehr Möglichkeiten, das Stromdiagramm entscheidend zu beeinflussen, als beispielsweise bei der Synchronmaschine. Selbstverständlich spielt auch die wirtschaftliche Frage eine ausschlaggebende Rolle.

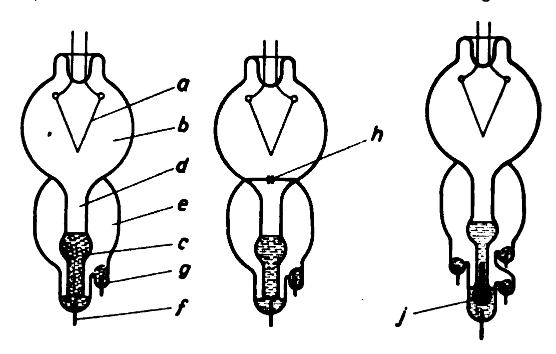
[1]) A. Leonhard, Stabilitätsverhältnisse beim Arbeiten von Asynchronmaschinen über lange Leitungen. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 77. — ETZ 60 (1939) S. 812.

Geräte und Stromrichter

DK 621.318.57

Quecksilberröhren als Gasdruckschalter. [Nach Baumgartner, Z. Fernmeldetechn. 21 (1940) S. 156; 2 S., 6 B.]

Gasdruckschalter sind ein- oder mehrkontaktige Relais, die einen gesockelten Glaskörper wie eine Rundfunkröhre besitzen und Quecksilber für den Kontaktschluß benutzen. Das Glaskörper ist gasgefüllt und hat zwei durch einen Stutzen ineinander ragende Kammern, die durch das Quecksilber gegeneinander gasdicht verschlossen sind. Die obere Heizkammer enthält einen vom Steuerstrom durchflossenen Heizfaden, die untere die zu schaltenden, in den Relaiskörper eingeschmolzenen Kontakte. Die Gesamtanordnung erläutern die drei Skizzen in Bild 1. Der den Heizfaden *a* durchfließende Steuerstrom erhitzt das Füllgas der Kammer *b*. Dessen Überdruck preßt das Quecksilber *c* aus dem Stutzen *d* in die Schaltkammer *e*, wo es die mit der Elektrode *f* leitend zu verbindenden Stifte *g* überflutet und gleichzeitig das Füllgas zusammenpreßt. Dieser Überdruck und die gute Wärmeableitung vom Heizfaden durch das Füllgas sorgen beim Ausschalten des Steuerstromes für eine schnelle Kontaktunterbrechung. Die mit der Anordnung erreichbare Arbeitsgeschwindigkeit soll an die mit normalen Relais erzielbare fast herankommen. Die Belastbarkeit der Quecksilberkontakte ist hoch, zulässig sind bis zu 4000 Schaltungen je h. Wertvoll ist insbesondere, daß die Art des Kontaktschlusses und die vorgesehene geringe spezifische Belastung des Heizfadens (kaum Rotglut) bei großer Lebensdauer eine unbedingte Betriebssicherheit gewährleistet. Hierzu kommt noch die geräuschlose Arbeitsweise und die bequeme, durch den verwendeten Stecksockel ermöglichte Auswechselbarkeit. Geringfügige Zusätze zu dem erläuterten Aufbau gestatten ungewöhnliche Ansprech- und Abfallverzögerungen. Beschränkt sich die Verbindungsöffnung zwischen Heiz- und Schaltkammer auf eine mit Gasdrossel bezeichnete kleine Düse *h*, dann treten durch Behindern des Druckausgleichs feste



a Heizfaden, *b* Heizkammer, *c* Quecksilber, *d* Stutzen der Heizkammer, *e* Schaltkammer, *f* Elektrode, *g* Kontaktstifte, *h* Düse, *j* Schwimmerventil

Bild 1. Ausführungsformen von Gasdruckschaltern.

Ansprech- und Ausschaltverzögerungen ein, wobei die ersteren noch in weitem Umfange durch entsprechendes Bemessen der Heizleistung beeinflußt werden können. Ausschaltverzögerungen bis zur Dauer von einigen min bewirkt ein Schwimmventil *j*. Dieses verschließt infolge seines Auftriebes im Quecksilber den Stutzen und unterbindet den Quecksilberrücklauf beim Aufhören des Heizstromes. Die Kontakte würden demnach dauernd geschlossen bleiben, wenn nicht eine im Schwimmerventil vorhandene kleine Bohrung dem Quecksilber eine langsame Rückkehr in die Ruhelage ermöglichen würde. [In dem Aufsatz fehlen Angaben über die benötigten Heizströme und darüber, mit welcher Genauigkeit die gewünschten Schaltzeiten eingehalten werden und ob und in welchem Umfange sie von der Außentemperatur und Einschaltdauer abhängig sind. D. Ber.] Die genannten Eigenschaften werden dem neuen Schaltmittel jedenfalls überall dort zum Einsatz verhelfen, wo es auf ein sicheres Betätigen einer begrenzten Anzahl hochbelasteter Kontakte entscheidend ankommt. W. Giesen

Elektrische Maschinen

DK 621.313.322–81

Turbogeneratoren für 100 000 kW, 3000 U/min. [Nach E. G. Komar, M. J. Semljanoi und P. J. Schitow, Elektritschestwo 60 (1940) H. 10, S. 62 u. H. 11, S. 3 u. S. 8; 15 S., 18 B.]

Im Mai 1939 wurde in der Sowjetunion ein Turbogenerator für 100 MW bei 3000 U/min in Betrieb genommen, der zur Zeit der größte zweipoliger Bauart ist[1]). Die schnelllaufende Maschine bietet den Vorteil geringeren Gewichtes und niedrigeren Werkstoffaufwandes, denn obwohl der Ständer im Eisen etwas schwerer wird, ist der Läufer, der aus hochwertigem Stahl besteht, wesentlich leichter als bei den Ausführungen für 1500 U/min; noch größer ist die Einsparung an Gewicht bei der antreibenden Dampfturbine. Die Nennleistung des Turbogenerators beträgt 100 MW bei $\cos\varphi = 0,9$ und 40° C Zulufttemperatur; bei 30° C Zuluft wird die Nennleistung bei $\cos\varphi = 0,85$ erreicht. Die Nennspannung ist 15 750 V ± 5%, wobei die Leistung auch noch bei der um 5% geringeren Spannung gehalten wird. Zur Erregung dient eine Maschine von 220 kW bei 350 V, die ihrerseits von einer 6,5 kW-Maschine bei 115 V erregt wird. Beide Erregermaschinen sitzen mit auf der Welle des Turbosatzes.

Der Läufer von 1 m Dmr. und über 6 m Eisenlänge ist aus einem Stück Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl geschmiedet. Die volle Wellenlänge beträgt 11 m. Bei der Schleuderdrehzahl von 3600 U/min wird eine Umfangsgeschwindigkeit von 187 m/s erreicht. Die gefrästen Nuten sind durch Keile aus Duraluminium verschlossen. Die Wicklung ist hitzebeständig isoliert und gebacken. Die Abschlußringe an den Wickelköpfen sind aus Aluminium; dadurch wird die Wickelkopferwärmung herabgesetzt und die Isolationsmöglichkeit verbessert. Die Kappen sind warm aufgezogen. Um der bei 6 m Länge erheblichen Ausdehnung der Leiter durch Erwärmung Rechnung zu tragen, sind in die Wickelköpfe Federn eingebaut, die auf die Wicklung in Längsrichtung drücken und bei der Ausdehnung der Leiter ihrerseits zusammengedrückt werden; hierdurch wird ein Verlagern der Versteifungen zwischen den Spulen vermieden. Die Zentrierringe sitzen auf einer Zwischennabe, die am Läuferkörper befestigt ist, um ein Übertragen der Wellenenden-Durchbiegung auf die Wickelköpfe auszuschalten. Der Läufer hat keine Kernlüftung, lediglich die Wickelköpfe werden durchlüftet. Die Läuferoberfläche ist zur besseren Kühlung geriffelt. In den Läufer sind einige Radialnuten eingeschnitten, um innere Spannungen im Körper auszugleichen. Das Läufergewicht beträgt 47 t, während das Gesamtgewicht des Generators einschließlich der Kühlanlage 266 t ist.

Die Ständerbleche sind mit Lack isoliert und durch Schwalbenschwänze am Gehäuse befestigt, das geschweißt ausgeführt ist. Die Durchlüftung des Ständers ist radial. Die Wicklung ist als Faßwicklung ausgeführt und hitzebeständig isoliert. Die Wickelköpfe sind kompoundiert. Je Phase sind zwei getrennte Wicklungszweige, insgesamt somit 12 Ausführungen vorgesehen. Die Leiter sind zur Bekämpfung von Glimmentladungen in der Nut mit eisenhaltigem Asbest umkleidet und in den Stirnverbindungen mit graphithaltigem Lack überzogen. Die Druckplatten und Finger bestehen aus unmagnetischem Werkstoff.

Für die Belüftung sind vier Lüfter mit Einzelantrieb vorgesehen, die die warme Luft aus der Maschine absaugen und sie über eine Luftkammer in den Rückkühler drücken. Der Einzelantrieb der Lüfter gestattet ein gutes Anpassen der Kühlluftmenge bei Teillasten. Die Rückkühlung ermöglicht es, an heißen Sommertagen die Zuluft um etwa 5° niedriger zu halten. Die Messungen haben gute Luftverteilung und gleichmäßige Erwärmung aller Teile, mit Ausnahme der Ständerwickelköpfe am Gehäuse ergeben, die weniger gut belüftet und daher etwas wärmer werden. Um die Nennleistung einzuhalten, genügen drei Lüfter.

Die Prüfergebnisse des Generators sollen zufriedenstellend ausgefallen sein. Die Maschine verhält sich in vielen Beziehungen günstiger als Maschinen großer Leistungen bei 1500 U/min. Die Leerlaufkennlinie und die Phasensymmetrie sind günstiger; das für die Stabilität des Parallelbetriebes wichtige Kurzschlußverhältnis beträgt 0,78. Die Ladeleistung errechnet sich zu 86 500 MVA; der Generator kann somit eine 220 kV-Leitung von etwa 700 km Länge speisen. Die Abweichungen der Phasen- und verketteten Spannung von der Sinusform betragen etwa 1,5%. Der Stoßkurzschlußstrom errechnet sich zum 16,2fachen Nennstrom. Der Spannungsanstieg bei plötzlicher Entlastung von Vollast beträgt 26% bei $\cos\varphi = 1$ und 33% bei $\cos\varphi = 0,85$. Die Verluste wurden bei Nennlast und $\cos\varphi = 0,9$ mit 1603 kW ermittelt, wobei für die Lagerreibung, die nicht gemessen werden konnte, der gerechnete Wert eingesetzt wurde. Der Wirkungsgrad beträgt somit in guter Übereinstimmung mit der Rechnung 98,4%. Die Spannung fällt bei Entregung bis auf etwa 1000 V in etwa 14 s ab; dieser Wert liegt hoch und soll verbessert werden. Der Spannungsanstieg bei der Erregermaschine beträgt 600 V/s. Geregelt wird mit Hilfe eines Reglers im Erregerkreis der Hilfserregermaschine.

Man glaubt auf noch höhere Leistungen gehen zu können und bei Anwendung von Wasserstoffkühlung einen Wirkungsgrad von über 99% und ein Gewicht von unter 2 kg je kW zu erreichen. *Wh. — T. S.*

[1]) ETZ 61 (1940) S. 835.

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.785

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter

Nr. 550. Induktionszähler für Drehstrom.

(Amtsblatt der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, 15. Reihe Nr. 8)

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) werden den Systemen 160 bzw. 203 folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht:

I. Zusatz zu den Systemen 160 bzw. 203, die Formen FF1, HF1, FFP3 bzw. MF1, MFP3 mit den Formzeichenzusätzen ...d, ...h, ...m, ...mw, ...my, ...c, ...r, ...f, Induktionszähler für Drehstrom mit und ohne Nulleiter,

II. Zusatz zu den Systemen 160 bzw. 203, die Formen FF1φh, FF1φhd bzw. MF1φh, MF1φhd mit den Formzeichenzusätzen ...m, ...mw, ...my, ...c, ...r, ...f, Induktionszähler für Drehstrom mit und ohne Nulleiter zur Messung des Blindverbrauches,

III. Zusatz zu den Systemen 160 bzw. 203, Induktionszähler für Drehstrom mit und ohne Nulleiter in der Ausführung mit Stopprelais,

sämtlich hergestellt von der Firma Landis u. Gyr AG. in Zug in der Schweiz.

Berlin-Charlottenburg, den 25. August 1941.

DK 621.317.2

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter.

Nr. 551

Erweiterung der Prüfbefugnis des Elektrischen Prüfamtes 56 in Oldenburg.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) wird die Prüfbefugnis des Elektrischen Prüfamtes 56 in Oldenburg wie folgt erweitert:

Für Wechsel- und Drehstromprüfungen bis 1000 A 20000 V.

Berlin-Charlottenburg, den 15. September 1941.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

In Vertretung

Möller

DK 531.76 : 621.317.39

Zeitlupe für 120 000 Bilder je Sekunde. [Nach D. C. Prince und W. K. Rankin, Gen. Electr. Rev. 42 (1939) S. 391 und Génie civ. 116 (1940) S. 14; 3 bzw. ½ S., 6 bzw. 1 B.]

Während bei Zeitlupenaufnahmen bis zu etwa 200 Bildern/s der Film noch wie beim normalen Aufnahmegerät sprungweise vorwärtsbewegt wird, muß für größere Bildzahlen der Film stetig ablaufen, dafür wird das Bild optisch mit dem Film weiterbewegt. Auf diese Weise konnten bisher mit Zeitlupen, bei denen der Film von einer Spule auf eine andere abläuft, bis zu 80 000 Bilder/s aufgenommen werden. Die Größe des einzelnen Bildes betrug dann aber nur $1{,}8 \times 3$ mm², so daß die Grenze der möglichen Vergrößerung damit erreicht wurde. Bei der für so hohe Bildzahlen erforderlichen kurzen Belichtungszeit in der Größenordnung von einigen Millionstel Sekunden werden derartige Apparate im wesentlichen zum Erforschen von Lichtbögen angewendet, die eine ausreichende Helligkeit besitzen. Für diesen besonderen Zweck wurde eine neue Zeitlupe mit Umlauftrommel gebaut, mit der wesentlich größere Einzelbilder erhalten werden. Mit dieser Kamera können auch durch zusätzliche Belichtung vor oder nach der Lichtbogenaufnahme die Einzelheiten des Versuchsapparates mit aufgenommen werden. Hierbei kann die Belichtungszeit auf das Tausendfache gesteigert werden, ohne daß dadurch die Bildschärfe leidet.

Zur Erreichung einer Bildzahl von 120 000 Bildern/s wurde eine mit 7200 U/s laufende massive Trommel gebaut, die tausend kleine Lochkameras enthält (vgl. Bild 2). Jede einzelne Kamera hat eine Öffnung von 0,25 mm und erzeugt damit in 25 mm Entfernung ein Bild, das die Größe von 9×9 mm² hat. Die Kameras sind in 10 Reihen zu je 100 auf den Umfang der Trommel so verteilt, daß jede Reihe um $^1/_{10}$ der Teilung gegen die benachbarte verschoben ist. In die Trommel wird ein Film von 11×100 cm² eingelegt, der sich infolge der Fliehkraft gleichmäßig an die Rippen der Trommel anlegt, so daß für jede einzelne Kamera die gleichen scharfen Bilder entstehen. Die Achsen der einzelnen Kameras sind auf einen Punkt in 60 cm Entfernung ausgerichtet. Dort kann eine Bildfläche von 30×30 cm² aufgenommen werden.

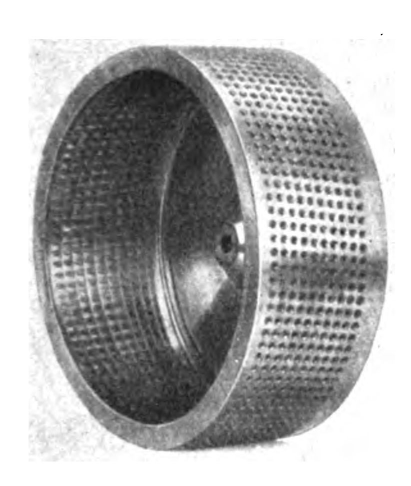


Bild 2. Umlauftrommel der Zeitlupe mit 1000 Lochkameras.

Die Aufnahmetrommel ist in einem Gehäuse untergebracht, das auf einer Seite einen Schlitz von etwa 0,7 mm Breite enthält, an dem die einzelnen Kameras vorbeilaufen, das ergibt für jedes Bild eine Belichtungsdauer von 8 µs. Um den ganzen Apparat ist eine Stahlkammer herumgebaut, die beim Einlegen des Filmes als Dunkelkammer, beim Betrieb der Zeitlupe als Schutzgehäuse dient. Die Kamera wurde benutzt, um querbeblasene Lichtbögen aufzunehmen. Für die Dauer einer Lichtbogenhalbwelle ergeben sich bei 60 Hz 1000 Bilder, so daß jede Einzelheit des Lichtbogens im Film verfolgt werden kann. Der Ablauf dieses Filmstreifens mit normaler Bildzahl dauert rd. 1 min. Einzelne Bilder können um das 20fache vergrößert werden. Man erwartet, daß die Kamera auch auf anderen Gebieten anwendbar ist. *W. Kn.*

Elektrowärme

DK 621.365.4

Leistungsaufnahme und Temperatur siliziumkarbidhaltiger Heizleiter bei konstanter Spannung. [Nach L. Beuken, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 485; 2½ S., 3 B.]

Auf Grund von Versuchen im Nederlandsch Instituut voor Electrowarmte, Maastricht, über die Abhängigkeit des Widerstandes siliziumkarbidhaltiger Heizleiter von der Temperatur werden Überlegungen über die Leistungsaufnahme und die Gefahr des Durchgehens angestellt. Die Temperaturmessung stößt insofern auf gewisse Schwierigkeiten, als bei den ziemlich dicken Heizstäben die Temperatur über den Querschnitt hinweg verschieden ist. Eine Messung kann nur in der hohlen Achse eines solchen Heizstabes mit Thermoelementen oder an der Staboberfläche thermoelektrisch oder optisch vorgenommen werden. Die mittlere Temperatur muß rechnerisch ermittelt werden. Bei den Versuchen wurde die Innentemperatur gemessen und die mittlere Temperatur auf Grund der Gleichung für die Wärmeströmung in einem Hohlstab errechnet. Als Versuchsgegenstände dienten Globarstäbe amerikanischer Herstellung, die sowohl im neuen als auch im gebrauchten, gealterten Zustand untersucht wurden. In beiden Fällen zeigte sich, daß der Widerstand bei etwa 500° C einen Tiefstwert aufweist, bei dem die Leistungsaufnahme am größten sein muß. Beuken bringt einen solchen Globarstab in Vergleich mit einem anderen siliziumkarbidhaltigen Stab, dessen Eigenschaften aus Veröffentlichungen von Nawo[1]) entnommen wurden. Dieser Heizstab zeigt einen starken Widerstandsabfall bei Temperaturen über 1000° C und daher eine verstärkte Leistungsaufnahme, die bei Abschirmung des Heizkörpers durch einen Ofenkasten zum Durchgehen führt. Die Modellversuche ergaben, daß der Stab nach einer Zeit von etwa 400 h durchgeht. Beuken zieht hieraus den Schluß, daß bei in Öfen eingebauten siliziumkarbidhaltigen Heizstäben ein Durchgehen eintreten kann, wobei aber die Einschränkung gemacht wird, daß diese Gefahr unter normalen Betriebsbedingungen nicht besonders groß ist.

[Anm. d. Ber.: Die Erkenntnisse Beukens sind in Deutschland seit langer Zeit bekannt. Die in Deutschland meist benutzten Silitstäbe haben eine ähnliche Kennlinie wie die von Beuken für die Globarstäbe ermittelten[2]). Bei ihnen liegt der Tiefstwert des Widerstandes bei 900° C. In dem Bereich zwischen 900 und 1500° C ist der Temperaturkoeffizient des Widerstandes positiv. Die Leistungsaufnahme sinkt also ebenfalls. Die von Nawo untersuchten Stäbe, auf die Beuken Bezug nimmt, sind, wie dem Berichter bekannt ist, in Sonderanfertigung mit besonders hohem spezifischem Widerstand hergestellt worden. Mit diesem ist aus Herstellungsgründen ein negativer Temperaturkoeffizient verbunden, der die vergrößerte Leistungsaufnahme bei erhöhter Temperatur erklärt. Die Ausführungen Beukens entbehren also glücklicherweise einer praktischen Bedeutung. — Zudem sind die Leistungsverhältnisse bei Silitstaböfen wegen der meist verlangten hohen Anschlußleistung solcher Öfen nicht so abgestimmt, daß die gewünschte Temperatur mit Dauereinschaltung der Heizkörper erreicht würde; vielmehr werden Silitstaböfen, wie die meisten anderen elektrischen Öfen mit Widerstandsheizung, von Temperaturreglern überwacht, die bei Erreichen der Solltemperatur ausschalten, so daß die Anschlußleistung weit über der Leerlaufleistung liegen kann.] K. A. Lohausen

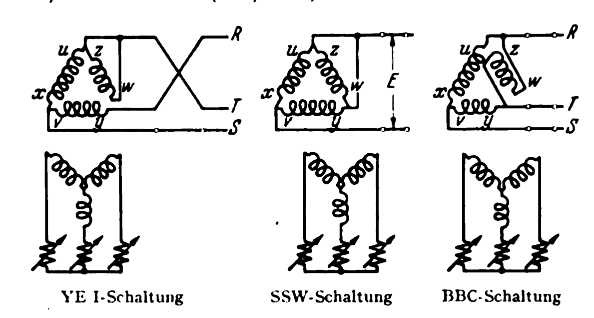
Elektrische Antriebe

DK 621.34 : 621.313.333.1

Neue Bremsschaltungen für Drehstrom-Hebezeugmotoren mit Schleifringläufern. [Nach H. Kondo, Electrotechn. J., Tokio 4 (1940) S. 195; 4½ S., 10 B.]

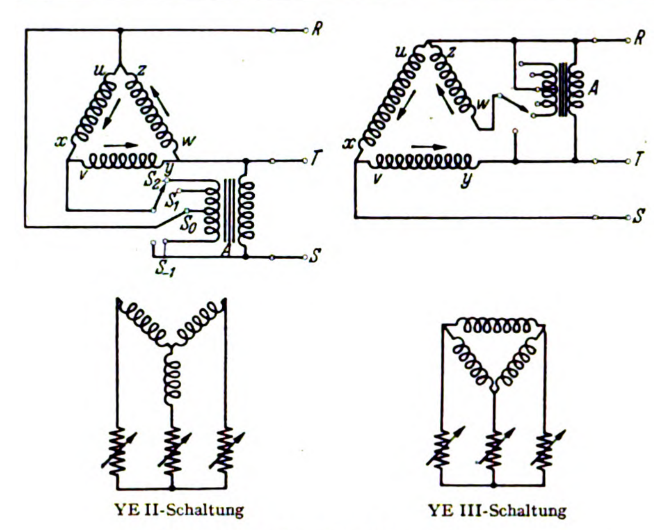
Ausgehend von der Tatsache, daß der Drehstrom-Schleifringläufermotor mit unsymmetrischer Ständerschaltung Betriebseigenschaften aufweist, die ihn für Senkbremsschaltungen für Krane und Winden geeignet machen, wird sowohl die untersynchrone Senkbremsschaltung „eh" der SSW als auch die neuere TSB-Schaltung von BBC besprochen und hinsichtlich der Bremsmomente und der dabei auftretenden Ströme zu drei neuen von der Yasukawa Electric Mfg. Co., Yawata, Japan, entwickelten Schaltungen in Vergleich gesetzt. Bild 3 zeigt die eine japanische (YE I) sowie die von SSW und BBC verwendeten Schaltungen. Man erkennt, daß bei der SSW-Schaltung eine einphasige Speisung vorliegt, wobei eine

1) Schriftenfolge „Elektrowärme", Schrift 1.
2) VDE-Fachber. 11 (1939) S. 101, insbesondere Bild 2.



YE I-Schaltung SSW-Schaltung BBC-Schaltung

Bild 3. Grundsätzliche Bremsschaltungen.



YE II-Schaltung YE III-Schaltung

Bild 4. Weitere japanische Bremsschaltungen.

Motorphasenwicklung kurzgeschlossen ist, während bei BBC ein dreiphasiger Anschluß vorgesehen und eine Motorphasenwicklung umgedreht worden ist. Die YE I-Schaltung stellt gewissermaßen eine Kombination von beiden Schaltungsgrundsätzen dar, da dabei der Motor dreiphasig angeschlossen bleibt und eine Phase kurzgeschlossen wird. Die BBC- und YE-Anordnungen kann man daher als abgeänderte Gegenstromschaltungen auffassen, wie auch aus den Regelkurven hervorgeht, d. h. es können je nach dem Gewicht der Last sowohl Hub- als auch Senkbewegungen vorkommen. Die Lastbewegung ist daher durch die Steuergerätstellung nicht so eindeutig festgelegt, wie es bei der SSW-Schaltung der Fall ist, die eine eindeutige Lastbewegung aufweist. Die Regelkurven der YE I- und der BBC-Schaltung sind praktisch gleich, jedoch ist der aufgenommene Strom bei BBC am höchsten. Die SSW-Anordnung erfordert den geringsten Strom. Ferner besteht noch dadurch ein grundsätzlicher Unterschied zwischen den drei Schaltungen, als nur die SSW-Schaltung sich für Stern- und Dreieckschaltung ausführen läßt, während bei den anderen beiden Anordnungen der Ständer in Dreieck- und der Läufer in Sternschaltung ausgeführt werden muß.

Bild 4 zeigt Schaltungsabarten der japanischen Art. Bei der YE II-Schaltung wird nicht die Ständerwicklung unsymmetrisch geschaltet, sondern die Unsymmetrie gewissermaßen in das Netz verlegt, da der angeordnete Transformator gestattet, einer Motorphase andere Spannungen aufzudrücken, als dem Netz entspricht. Die YE III-Schaltung behält die grundsätzliche Anordnung der YE I-Schaltung bei, schaltet den Ständer des Motors ebenfalls unsymmetrisch und führt auch in die abgeschaltete Phase eine Zusatzspannung ein. Durch diese Lösungen lassen sich Regelkurven mit solchen Eigenschaften erzielen, daß die Kennlinien der SSW-Schaltung als ein Sonderfall dieser allgemeineren Anordnungen anzusehen sind.

Die angegebenen Lösungsgedanken werden in dem Aufsatz selbst nicht als neu bezeichnet und die wesentlichsten älteren Veröffentlichungen, die dies beweisen, auch in einem Schrifttumsnachweis angegeben[1]). Als wichtigste Prioritätsveröffentlichung fehlt aber die Angabe der DRP 570 284 und 606 092 vom Jahre 1927, worauf auch bereits in Elektrotechn. u. Masch.-Bau 52 (1934) S. 488 als Entgegnung auf den genannten Aufsatz (Fußnote 1) hingewiesen wurde. Hinsichtlich der praktischen Ausführung und Bewährung der YE-Schaltungen werden nur wenige Angaben gemacht; nach deutscher Ansicht erscheinen sie für die Einführung in die Praxis als zu verwickelt und zu teuer.

J. Gewecke

Theoretische Elektrotechnik

DK 621.3.018.3

Verfahren, mit dem der Gehalt technischer Wechselspannungen an Oberschwingungen bestimmt wird. [Nach H. Kind, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 8, S. 445; 32 S., 24 B.]

Von einer aus Grund- und Oberschwingungen bestehenden Wechselspannungskurve wird die Grundschwingung mit Hilfe einer Brückenschaltung eliminiert und das sogenannte Restglied mit dem Schleifenoszillographen aufgenommen, um später analysiert oder anderswie ausgewertet zu werden. Man hat dabei den Vorteil, nach Beseitigung der relativ großen Grundschwingung die Oberschwingungen mit hoher Genauigkeit ermitteln zu können. Die Brückenschaltung enthält in einem Zweige einen Resonanzkreis, in den übrigen Zweigen ohmsche Widerstände, und in der Brückendiagonalen, dem sogenannten Galvanometerzweig, die im allgemeinen über einen Übertrager angeschlossene Meßschleife. Der Resonanzkreis wird so abgestimmt, daß er bei Grundfrequenz einen ohmschen Widerstand darstellt. Die nunmehr nur noch ohmsche Widerstände enthaltende Brückenschaltung wird bei der Grundfrequenz abgeglichen. Im Galvanometerzweig fließt daher bei dieser Frequenz kein Strom. Bei sehr hohen Frequenzen stellt der Resonanzkreis, je nachdem ob er mit Spannungs- oder Stromresonanz arbeitet, einen unendlich großen bzw. unendlich kleinen Widerstand dar. Die Brückenschaltung besteht dann wiederum aus ohmschen Widerständen. Der im Galvanometerzweig fließende Strom ist deshalb proportional mit der an der Brückenschaltung liegenden Spannung, und das Restglied wird getreu wiedergegeben.

Wenn Grund- und Oberschwingungsfrequenz nahe beieinander liegen, trifft der zuletzt geschilderte Fall nur näherungsweise zu. Der Resonanzkreis besitzt einen endlich großen bzw. endlich kleinen Scheinwiderstand. Infolge der frequenzabhängigen Blindkomponente dieses Scheinwiderstandes ist der Strom im Galvanometerzweig nicht mehr proportional mit der an der Schaltung liegenden Spannung, sondern seine Amplitude und Phase ist auch von dem Blindwiderstand abhängig. Die Meßschleife gibt dann das Restglied nicht getreu wieder, sondern mit einem „Ausschlag-“ und „Nacheilfehler“. Weitere Ausschlag- und Nacheilfehler entstehen durch den der Meßschleife vorgeschalteten Übertrager und durch die mechanischen Trägheitseigenschaften der Meßschleife selbst. Von diesen Fehlern sind die Meßschleifenfehler als gegeben anzusehen. Die übrigen Fehler kann man durch geeignete Dimensionierung der Schaltung herabsetzen.

Ausschlag- und Nacheilfehler infolge des nicht idealen Resonanzkreises lassen sich im „Leitwertfehler“, der vektoriellen Charakter hat, zusammenfassen. Bei beiden Schaltungsarten gelingt es, für den Leitwertfehler übersichtliche und sehr gute Näherungsgleichungen aufzustellen. Als Parameter dienen charakteristische Größen, wie Empfindlichkeit der Meßanordnung, Zeitkonstante der Drosselspule und Verlustwinkel.

Die Fehler durch Streuung und Magnetisierungsstrom des Übertragers werden in einem Kennwert zusammengefaßt, der sich sehr anschaulich darstellen läßt.

Neben den Fehlern spielt der Eigenverbrauch der Brückenschaltung eine sehr wichtige Rolle. Seine Abhängigkeit von der Auslegung der Brückenwiderstände ist außerordentlich mannigfaltig. Um eine Zusammenfassung der Variationsmöglichkeiten zu erreichen, wurde die „Grundschaltung“ eingeführt, die mit einem Galvanometerzweigwiderstand von 1 Ω arbeitet. Der Eigenverbrauch bei der Grundschaltung und der Leitwertfehler sind in Kurvenbildern dargestellt, aus denen sich günstige Werte für Fehler und Verbrauch gewinnen lassen. Die Bilder vermitteln mit Hilfe eines Umrechnungsfaktors auch Werte, wenn der Galvanometerzweigwiderstand oder die Empfindlichkeit der Schaltung geändert werden.

Mit Hilfe dieser Ergebnisse ist es möglich, die Brückenschaltungen mit den beiden verschiedenen Resonanzkreisen miteinander zu vergleichen. Hinsichtlich der Größe des Fehlers und des Eigenverbrauches besteht kein deutlicher Unterschied. Überspannungen infolge Resonanz, Größe der Kondensatoren u. s. w. bilden dagegen hervorstechende Unterscheidungsmerkmale.

Zum Schluß werden Beispiele ausgeführter Schaltungen behandelt. Im letzten Beispiel ist eine fast völlige Kompensation des Nacheilfehlers vorgenommen worden.

AUS LETZTER ZEIT

Einweihung der Gedenkstätte für Marconi.

Am 7. 10. fand in Bologna die feierliche Überführung des Sarges des weltberühmten Begründers der drahtlosen Telegraphie, Guglielmo Marconi, in das auf den Wunsch des Duce gebaute Mausoleum in Pontecchio in Anwesenheit des Duce statt. Als Vertreter des Großdeutschen Reiches war Reichspostminister Ohnesorge mit mehreren Mitgliedern seines Ministeriums in Bologna eingetroffen.

[1]) Insbesondere wird auf die grundlegende Arbeit in Elektrotechn. u. Masch.-Bau 51 (1933) S. 637 verwiesen.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84

Elektrowärme

Das Elektrowärmeinstitut in Essen hat im Auftrage der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie und in Zusammenarbeit mit deren Fachabteilungen 17 „Elektrowärme- und Haushaltsgeräte" und 23 „Elektroöfen" und mit der Vereinigung der Erzeuger von chromhaltigem Widerstandsmaterial in Hagen einen Entwurf zu dem Vornormblatt

DIN 46 470 Elektrowärme; Chromhaltige Heizleiterlegierungen: Gruppenbezeichnungen, Hauptbestandteile, spezifischer Widerstand, Warmwiderstand

aufgestellt. Der Entwurf 1 dieses Normblattes ist in der Zeitschrift „Elektrowärme" 11 (1941) H. 10, S. 193 veröffentlicht.

Infolge der Notwendigkeit, Sparmetalle wie Nickel weitgehend zu vermeiden, wurde eine Vielzahl an nickelarmen und nickelfreien Heizleiterlegierungen geschaffen, die sich durch ihre elektrischen und wärmetechnischen Eigenschaften mehr oder weniger von einander unterschieden und uneinheitliche Sortenbezeichnungen führten. In dem Normblattentwurf sind bestimmte Legierungsgruppen mit einheitlichen Eigenschaften zusammengefaßt worden und nach ihren wesentlichen Bestandteilen durch ein Kurzzeichen gekennzeichnet.

Da die Leistung und Stromaufnahme eines Heizgerätes im Betrieb von dem Warmwiderstand des Heizleiters abhängig ist, behandelt das Normblatt auch die spezifischen Widerstandswerte bei den Temperaturen von 200 bis 1000° C.

Mit dem Erscheinen des vorliegenden Normblattes sind die Festlegungen in dem bestehenden Normblatt DIN VDE 6460 nicht mehr auf Heizleiter anzuwenden, auch wenn sie für Widerstandszwecke Verwendung finden. Als Ergänzung zu dem vorliegenden Werkstoff-Normblatt sollen später Halbzeug-Normblätter für Drähte und Bänder aus Heizleiter-Werkstoffen folgen.

Begründete Einsprüche gegen den Entwurf können bis zum 30. 11. 1941 bei der Geschäftsstelle des VDE eingereicht werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Fachversammlung

des Fachgebiets „Elektrische Bahnen".

Leiter: Professor Dr.-Ing. P. Müller VDE.

Vortrag

des Herrn Reichsbahnrat Wilke, München, am Dienstag, dem 18. November 1941, um 18^{00} in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema: „Besonderheiten der Überspannungserscheinungen und ihre Bekämpfung im elektrischen Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn".

Inhaltsangabe:

Die die Überspannungserscheinungen beeinflussenden Sonderbedingungen des elektrischen Zugbetriebes,

Höhe und Häufigkeit der wesentlichen Überspannungsarten,

den Sonderbedingungen des Zugbetriebes angepaßte Bekämpfungsmittel.

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Ort: VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
10. November 1941, 18^{00}, Vortragsreihe: Erdschlußprobleme. „Methoden der Beseitigung der Wattkomponente und Oberwellen im Erdschlußreststrom" (mit Modell- und Filmvorführung). Vortragender: Ingenieur A. v. Schaubert VDE.

Fernmeldetechnik. Leiter: Dipl.-Ing. P. Mentz VDE.
11. November 1941, 18^{00}, „Nachrichtennetze, 1. Teil: Die Gestaltung von Fernsprechnetzen". Vortragender: Obering. Dipl.-Ing. F. Leichsenring.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. F. Grave VDE.
12. November 1941, 18^{00}, Vortragsreihe: Lichtmeßtechnik. „Schwingkontaktgleichrichter und ihre Anwendung". Vortragender: Dr.-Ing. H. F. Grave VDE.

Elektromaschinenbau u. Elektr. Maschinen. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
13. November 1941, 18^{00}, Vortragsreihe: Sonderformen elektrischer Bahnen. „Die Metadyne von Pestarini: Hauptarten, Eigenschaften, Vorläufer und Anwendungsgebiete. 2. Abend". Vortragender: Dr.-Ing. L. P. Monath VDE.

Elektrizitätswerke. Leiter: Dipl.-Ing. H. Beling VDE.
14. November 1941, 18^{00}, Vortragsreihe: Regelung von Dampfkesseln. „Die regelbaren Antriebe". Vortragender: Ing. H. O. Fieguth.

Kabel und Leitungen. Leiter: Obering. Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.
17. November 1941, 18^{00}, Vortragsreihe: Betrieb von Starkstromkabelnetzen. „Betriebserfahrungen in Starkstromnetzen mit Kabeln und Freileitungen" Vortragender: Direktor Dipl.-Ing. H. Calliess VDE.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
18. November 1941, 18^{00}, Vortragsreihe: Städtische Verkehrsmittel. „Straßenbahnen". 1. Teil. Vortragender: Dipl.-Ing. G. Wünsche VDE.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe, VDE.
20. November 1941, 18^{00}, Vortragsreihe: Elektroakustik. „Lautsprecher und Mikrophon". Vortragender: Dr. H. Bennicke.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus

Ungültige Prüfzeichengenehmigungen

Die nachstehend genannten ungültigen Genehmigungsausweise konnten der VDE-Prüfstelle nicht zurückgegeben werden; sie werden daher gemäß § 7,2 der Prüfordnung besonders bekanntgemacht:

AEG, Apparatefabriken Treptow, Berlin SO 36,
Gen.-Nr. 108/29 (erl. am 14. 11. 39)
Wechselstrom-Netzanschluß-Empfänger DAF 1011

Loewe-Radio A.-G., Bln.-Steglitz,
Gen.-Nr. 308/5 (erl. am 2. 12. 40)
Netzanschluß-Empfänger für Gleich- und Wechselstrom (Deutscher Kleinempfänger).

Widerstand G. m. b. H., Hannover,
Gen.-Nr. 1048/1 (erl. 24. 3. 41)
Bahnfassungen aus Isolierpreßstoff.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Dall

Neue VDE-Mitgliedsbeiträge 1942

Durch die Änderung des Beitragsabkommens zwischen DAF und NSBDT (siehe ETZ-Heft 42/43 v. 23. 10. 41, S. 880) hat im Einvernehmen mit dem NSBDT eine Neuregelung der Beitragssätze, insbesondere für die NSBDT-Mitglieder, welche die Einzelmitgliedschaft bei der DAF besitzen, stattgefunden. In den neuen Beiträgen ist der Wegfall der bisherigen DAF-Beitragsermäßigung anteilmäßig berücksichtigt worden. — Ferner ist beim Vorhandensein von vier und mehr steuerbegünstigten Kindern, unbeschadet der Kinderermäßigung bei der DAF, eine grundsätzliche Beitragsermäßigung vorgesehen.

Da die Neuregelung der DAF-Beiträge bereits am 1. Oktober 1941 in Kraft tritt, ist für die sich hiernach ergebende Beitragsdifferenz für das vierte Vierteljahr 1941 eine Übergangsregelung erforderlich. Zwecks Vermeidung unnötiger Arbeitsbelastung wird daher für diese Zeit denjenigen NSBDT-Mitgliedern, die als DAF-Vollmitglieder der bisherigen DAF-Beitragsermäßigung unterfielen, zum Ausgleich ohne Unterschied einmalig ein Betrag von RM 3,— gutgebracht. Ist der volle Mitgliedsbeitrag 1941 bereits bezahlt, kann dieser Betrag von RM 3,— bei der Zahlung des Beitrages 1942 durch das Mitglied in Abzug gebracht werden. Rückzahlungen an einzelne Mitglieder können nicht erfolgen.

Mit Wirkung vom 1. 1. 1942 sind folgende Beitragssätze maßgebend:

A. für persönliche Mitglieder im Inland:

Monatliches Brutto-Einkommen		Gruppe 1: für NSBDT-Mitglieder, welche nicht die Einzelmitgliedschaft bei der DAF besitzen:						Gruppe 2: für NSBDT-Mitglieder, welche die Einzelmitgliedschaft bei der DAF nachweisen:					
		Normal-Beitrag		mit 4—5 Kindern		mit 6 und mehr Kindern		ermäßigter Normal-Beitrag		mit 4—5 Kindern		mit 6 und mehr Kindern	
von RM	bis RM	Stufe	RM	Stufe	RM	Stufe	RM	Stufe	RM	Stufe	RM	Stufe	RM
Studenten			6,—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	180,—	1 a	12,—	1 b	12,—	1 c	12,—	1 d	12,—	1 e	12,—	1 f	12,—
180,01	300,—	2 a	18,—	2 b	12,—	2 c	12,—	2 d	12,—	2 e	12,—	2 f	12,—
300,01	420,—	3 a	24,—	3 b	18,—	3 c	12,—	3 d	12,—	3 e	12,—	3 f	12,—
420,01	550,—	4 a	30,—	4 b	24,—	4 c	18,—	4 d	18,—	4 e	12,—	4 f	12,—
550,01	740,—	5 a	36,—	5 b	30,—	5 c	24,—	5 d	24,—	5 e	18,—	5 f	12,—
740,01	1000,—	6 a	42,—	6 b	36,—	6 c	30,—	6 d	30,—	6 e	24,—	6 f	18,—
über 1000,—		7 a	48,—	7 b	42,—	7 c	36,—	7 d	36,—	7 e	30,—	7 f	24,—

Die Beitragssätze der Gruppe 1 gelten auch für persönliche VDE-Mitglieder, welche nicht dem NSBDT angehören.

Stufe jährl. RM

B. Körperschaftliche Mitglieder im Inland:

8 Behörden, Schulen, wissenschaftl. Vereine usw. 42,—

9 Sonstige körperschaftliche Mitglieder, städt. u. staatl. Betriebe, auch Eltwerke, Privatfirmen, offene Handelsgesellschaften, Gesellschaften mit beschränkter Haftung, Aktiengesellschaften usw., die beschäftigen:

a) bis zu 50 Angestellte und Arbeiter . . 56,—
b) von 51 bis 100 Angestellte und Arbeiter . 81,—
c) von 101 bis 250 Angestellte und Arbeiter . 126,—
d) von 251 bis 500 Angestellte und Arbeiter . 156,—
e) von 501 bis 1000 Angestellte und Arbeiter . 306,—
f) über 1000 Angestellte und Arbeiter auf Anfrage

Stufe jährl. RM

C. Persönliche Mitglieder im Ausland:

10 . . . . 36,—

D. Körperschaftliche Mitglieder im Ausland:

11 Behörden, Vereine, Institute usw. . . . . . 40,—
12 a) bis 50 Angestellte und Arbeiter . . . 50,—
b) von 51 bis 100 Angestellte und Arbeiter . 75,—
c) von 101 bis 250 Angestellte und Arbeiter . 120,—
d) von 251 bis 500 Angestellte und Arbeiter . 150,—
e) von 501 bis 1000 Angestellte und Arbeiter 300,—

Die Mitglieder im Ausland erhalten nur die ETZ „Elektrotechnische Zeitschrift"; auf besonderen Wunsch auch die RDT „Rundschau Deutscher Technik" gegen Berechnung von 4,— RM jährlich.

Der Beitrag ist möglichst für das ganze Jahr, sonst halbjährlich bis 1. Dezember 1941 und 1. Juni 1942, im voraus zu zahlen und an die Hauptgeschäftstelle des VDE, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33/VDE-Haus, einzusenden. Die Mitglieder werden daher gebeten, die Überweisung auf folgende Konten:

Postscheckkonto Berlin Nr. 1810 00
im Protektorat Böhmen-Mähren auf Postsparkassen-Konto Prag 780 39
oder
Commerzbank Aktiengesellschaft, Dep.-Kasse HJ, Berlin, Potsdamer Str. 125,

vorzunehmen. Für Postscheckzahlungen liegen diesem ETZ-Heft Zahlkarten bei. Wir bitten, die Rückseite des Zahlkartenabschnittes auszufüllen und besonders auch die genaue Beitragsstufe anzugeben.

Damit die Zeitschriftenlieferung auch für das neue Jahr rechtzeitig veranlaßt werden kann, bitten wir, den Betrag bis spätestens

10. Dezember 1941

auf eines der oben bezeichneten Konten zu überweisen.

Mitglieder des VDE, die mehreren anderen Fachverbänden angehören oder anzugehören wünschen, können bei diesen ebenfalls die Mitgliedschaft gegen Entrichtung eines Verwaltungskostenbeitrages von 6,— RM beibehalten bzw. erwerben. In diesem Beitrage ist jedoch die Lieferung der Zeitschriften der anderen Fachvereine nicht mit eingeschlossen. Diese Fachvereine teilen den Preis für ihre Zeitschriften auf Anfrage mit, der Preis der ETZ beträgt 20,— RM im Jahr.

Beim Ausbleiben von Heften sind Beschwerden nicht an den Verlag, den VDE oder den VDE-Bezirk, sondern sofort an das zuständige Bestellpostamt zu richten. Spätere Heftnachforderungen können nur gegen Berechnung und soweit vorrätig ausgeführt werden.

Bei jedem Wohnungswechsel — auch bei vorübergehendem — ist rechtzeitig (etwa 10 Tage vor dem Wechsel) ein Antrag an das Postamt der alten Wohnung auf Überweisung nach der neuen Anschrift zu stellen. Antragformulare sind auf jedem Postamt erhältlich.

Bei dauerndem Wohnungswechsel haben außerdem die Mitglieder des VDE ihre alte und neue Anschrift, sowie bei Stellungswechsel auch die genaue Angabe der neuen Firmenanschrift, der Geschäftstelle des VDE, Mitglieder-Abteilung, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33/VDE-Haus, mitzuteilen. (Bei nur vorübergehendem Wohnungswechsel wolle man von einer Mitteilung absehen.)

Mitglieder, welche zum Heeresdienst mit der Waffe einberufen sind, müssen umgehend der Mitglieder-Abteilung des VDE hiervon Kenntnis geben. Wir empfehlen solchen Mitgliedern, die „Elektrotechnische Zeitschrift" (ETZ) an eine Heimatadresse zustellen zu lassen, da eine Gewähr für spätere Nachlieferung fehlender Hefte nicht übernommen werden kann.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
im NS-Bund Deutscher Technik

Der Vorsitzende: Rißmüller

Der Geschäftsführer: Viefhaus

Fachabteilung Kunststoffe der Wirtschaftsgruppe Chemische Industrie

Berlin W 35, Großadmiral-Prinz-Heinrich-Str. 19

Die Preßmasse herstellenden Firmen werden vom 1. Oktober 1941 ab für die von ihnen hergestellten Phenol- und Kresolpreßmassen nur noch eine einheitliche Nummernbezeichnung verwenden. Von diesem Zeitpunkt ab kommt also die bisher benutzte Bezeichnungsweise der einzelnen Fabriken in Fortfall.

Die neuen Handelsnummern setzen sich aus der Typbezeichnung, die somit einen Bestandteil der Handelsnummer darstellt, und einer vierstelligen Zahl zusammen. Wie aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich, kennzeichnet die erste Ziffer die Art der Preßmasse, die zweite den Harzgehalt und die dritte und vierte die Farbe (z. B. natur 09, nußbraun 18, hellrot 23, mahagoni 28, mittelgrün 33, schwarz 49).

Art der Preßmasse		Ungefährer Harzgehalt		Farben	
Phenol	1	35 %	3	weiß, elfenbein, gelb, natur	00—09
Phenol, ammoniakfrei	2	40 %	4	braun	10—19
Phenol, geschmackfrei	3	45 %	5	rosa, rot bis mahagoni	20—29
Kresol	4	50 %	6	grün	30—35
Kresol, ammoniakfrei	5	55 %	7	blau	36—39
		60 %	8	grau bis schwarz	40—49
		100 %	0	marmoriert	50—79
				getupft	80—99

Beispiel:

S 1449: Typ S Phenolmasse (1) mit etwa 40% Harzgehalt (4) Farbe schwarz (49)

(frühere Bezeichnungen:

Chemische Werke Albert	2 005
Bakelite-Ges. m. b. H.	671
Int. Galalith-Ges. A.-G.	51
New-York Hamburger Gummiwaaren-Comp.	16
Aug. Nowack A.-G.	1 090
Dr. F. Raschig G. m. b. H.	370
Resart-Gesellschaft	1 501
H. Römmler A.-G.	901
Venditor Kunststoff-Verkaufsges. m. b. H.	2 500
Vereinigte Chem. Fabriken Kreidl & Heller	14 050)

Die Warenbezeichnungen der einzelnen Fabriken können wie bisher vor das Typzeichen gesetzt werden.

Diese einheitliche Nummernbezeichnung, die es ermöglicht, daß bei jeder Preßmassefabrik jede Preßmassesorte unter der gleichen Nummer erhältlich ist, bedeutet eine Erleichterung der Arbeit für die Preßmasse verarbeitenden Firmen und entspricht ebenso den Wünschen der Industrie wie der Behörden.

Sitzungskalender

VDE Bezirk Danzig. 10. 11. (Mo), 20⁰⁰, T. H.: „Ein neuartiger Steuerumformer und Gleichstromverstärker" (m. prakt. Vorführ. u. Lichtb.). Prof. Dr.-Ing. H. Schwenkhagen VDE.

VDE Bezirk Danzig, Stützpunkt Elbing. 18. 11. (Di), 20⁰⁰, Staatl. Oberschule für Mädchen, Altstädt. Wallstraße 16/17: „Neue Straßenbahnwagen und ihre Ausrüstung. Bedeutung der Straßenbahn für den Verkehr". Dipl.-Ing. E. Holtgreve.

VDE Bezirk Halle. 16. 11. (So), 11⁰⁰, Phys. Inst.: „Die elektrische Zugförderung der Deutschen Reichsbahn". Reichsbahnrat H. Reckenthäler.

VDE Bezirk Hansa, Hamburg. 19. 11. (Mi), 17⁰⁰, Ingenieurschule: 1. „Neuzeitliche Fernsteuertechnik und ihre Anwendung für die verschiedensten Betriebsaufgaben". Dr. Henning. 2. Die zentrale Steuerung von Stadt- und Industrienetzen mit dem Transkommando-System". Dr.-Ing. V. Aigner VDE.

VDE Bezirk Magdeburg-Anhalt (gemeinsam mit DLTG). 12. 11. (Mi), 18⁰⁰, Staatl. Ingenieurschule: „Der Einsatz der neuesten Erfahrungen von Licht- und Beleuchtungstechnik für die industrielle Erzeugung". Dipl.-Ing. P. R. Loewenberg.

VDE Bezirk Nordsachsen, Leipzig. 19. 11. (Mi), 19¹⁵, Grassimuseum: „Der Einfluß des Kurzschlußproblems auf die Netzgestaltung". Dr.-Ing. W. v. Mangoldt VDE.

VDE Bezirk Oberschlesien, Kattowitz (gemeinsam mit VDI). 11. 11. (Di), 17⁴⁵, Höhere Technische Lehranstalten, Holteistraße: „Der Hochdruckdampf im Turbinen- und Kraftwerkbau" (m. Lichtb.) Dr. H. Melan.

VDE Stützpunkt Plauen. 17. 11. (Mo), 19³⁰, Ratskeller: „Niederspannungs-Maschennetze und ihre Untersuchung an Netznachbildern". Dipl.-Ing. Müller.

VDE Bezirk Ruhr-Lippe, Dortmund. 17. 11. (Mo), 17³⁰, Gaststätte Berghoff: „Der elektrische Industrieofen in seinen neuesten Formen" (m. Lichtb.). Obering. Jabbusch VDE.

VDE Bezirk Südbayern, München. 12. 11. (Mi), 19³⁰, T. H. München: „Die Bedeutung der Isolationsbemessung für den Betrieb elektr. Hochspannungsanlagen". Dr.-Ing. W. Estorff VDE.

VDE Bezirk Südsachsen, Chemnitz. 13. 11. (Do), 19⁰⁰, Staatl. Akademie für Technik: „Meß- und Prüfeinrichtungen für Elektrische Prüfämter". Dipl.-Ing. W. Zschaage VDE.

VDE Bezirk Weser-Ems, Bremen. 10. 11. (Mo), 18⁰⁰, „Glocke": „Elektrische Kabel, Leitungen und Wicklungsdrähte in der Kriegswirtschaft". Dipl.-Ing. Th. Wasserburger VDE.

VDE Bezirk Württemberg, Stuttgart. 20. 11. (Do), 19³⁰, Technische Werke, Lautenschlagerstr. 21: „Die Anfänge des Schaltanlagenbaues und seine neuzeitliche Technik". Obering. G. Meiners VDE.

Fachgruppe Energiewissenschaft, Gauwaltung Wien. 19. 11. (Mi), 18⁰⁰, Haus der Technik: „Hochleistungsoszillographen für die Starkstromtechnik". Dr.-Ing. A. Bigalke VDE.

PERSÖNLICHES

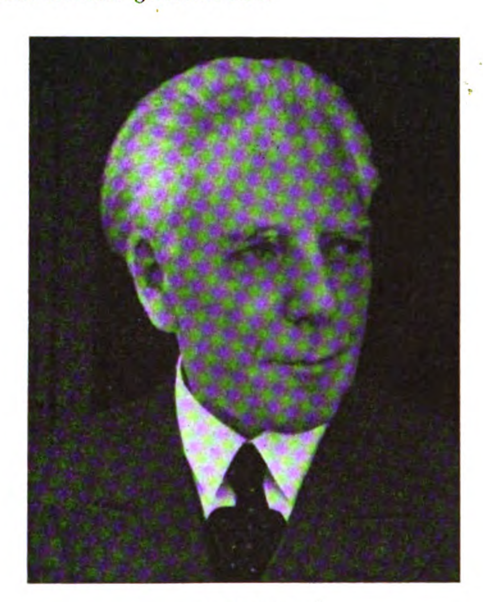
(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

A. Janzen †. — Nach längerem Leiden verschied Dipl.-Ing. A. Janzen, Direktor und Vorstand des Technischen Büros Berlin der Siemens-Schuckertwerke. Ausgestattet mit großer mathematischer und technischer Begabung widmete er sich nach einer 3 jährigen Assistententätigkeit an der PTR., bei seinem Übertritt zu den SSW 1905 mit großem Eifer der für ihn in vieler Beziehung ganz neuartigen Tätigkeit eines projektierenden Ingenieurs. Von den durch Janzen bearbeiteten Sondergebieten muß in erster Linie die elektrische Fördermaschine genannt werden, für die damals bei großen Leistungen noch das Ilgner-System das Feld beherrschte. Viele wichtige Einzelheiten, wie die erforderlichen Sicherheitseinrichtungen, die Steuergeräte usw., galt es teils neu zu schaffen, teils an Hand der gesammelten Erfahrungen zu vervollkommnen. In genauen Berechnungen waren die Größe der antreibenden Motoren und der Energieverbrauch der Anlage festzulegen, und nicht zuletzt kam es darauf an, im Wettbewerb mit dem bisher bevorzugten Dampfantrieb die mit dem elektrischen Antrieb zu erreichenden Vorteile so klar zur Darstellung zu bringen, daß der elektrischen Fördermaschine allmählich der ihr gebührende Platz eingeräumt wurde. Auch als es galt, für mittelgroße Leistungen den Antrieb der Fördermaschinen durch Drehstrom-Kollektormotoren auszubilden, schuf Janzen für die dabei zu verwendenden Fahrtregler und Bremsen geeignete Formen, die einwandfrei gearbeitet haben. Weiter wandte er der Einführung der Drehstrom-Kollektormotoren im Braunkohlenbergbau zum Antrieb der Brikettpressen seine besondere Aufmerksamkeit zu. Endlich sei noch die Einführung der elektrischen Energie für Anlagen unter Tage, wie Beleuchtungsanlagen in schlagwettergefährdeten sowie schlagwetterfreien Räumen und die Ausbildung dafür geeigneter elektrischer Betriebsmittel zu nennen.

Im Jahre 1919 wurde Janzen unter Beförderung zum Direktor die Leitung des Technischen Büros Berlin der Siemens-Schuckertwerke übertragen, welche Stellung er bis zu seinem Tode bekleidet hat. Wieder boten sich ihm bei der Planung und Ausführung schwieriger Anlagen viele Gelegenheiten, sein großes technisches Können zu zeigen. Als es z. B. galt, die Leitungs- und Verteilungsanlage für eines der größten in den letzten Jahren in Berlin errichteten Verwaltungsgebäude unter möglichst geringem Aufwand an Kabeln, Transformatoren und Verteilungsanlagen zu entwerfen, löste Janzen diese Aufgabe durch Schaffung eines räumlichen Maschennetzes, an das die Motoren und die Beleuchtungsanlagen gemeinsam angeschlossen wurden, eine Lösung, die für Anlagen ähnlicher Art und Größe wohl vorbildlich bleiben wird.

Das Bild des Verstorbenen würde unvollständig bleiben, wenn es nur seine Ingenieurtätigkeit zeigen würde. Der Wert seiner harmonischen Persönlichkeit lag darin, daß sich mit seinem scharfen Verstande ein liebenswürdiger vornehmer Charakter und eine immer gleiche kameradschaftliche Einstellung seinen Mitarbeitern und Untergebenen gegenüber verband. W. Philippi VDE

A. Weber †. — Am 30. September starb im Alter von 74 Jahren Herr Direktor Anton Weber, Vorstandsmitglied i. R. der AEG und langjähriger früherer Leiter des Kabelwerks Oberspree. Mit ihm ist einer der letzten Wegbereiter des Drehstromes dahingegangen, der ein ganzes Leben in seltener Pflichttreue und Selbstlosigkeit mit seiner Firma verbunden war und ihr, und damit der Deutschen Elektrotechnik, unschätzbare Dienste geleistet hat.



A. Weber †

Weber wurde am 14. 8. 1868 in Frankfurt a. M. geboren. Nach Beendigung seiner Studien unter Geheimrat Kittler an der T. H. Darmstadt trat der junge Ingenieur bei der AEG in das Laboratorium von Doliwo-Dobrowolski ein, mit der Aufgabe, den Drehstrommotor und die Hochspannungs-Schalteinrichtungen durchzukonstruieren und im Laboratorium so weit zu erproben, daß an den Bau von Drehstromzentralen herangegangen werden konnte. 1896 wurde in Oberschöneweide unter Webers Bauleitung die erste größere Drehstromzentrale mit Fernübertragung durch Kabel in Angriff genommen. Als die Zentrale Oberspree im Jahre 1900 auf die Berliner Elektrizitätswerke übergegangen war, wurde Weber zunächst erster Ingenieur und von 1903 ab technischer Direktor des neben der Zentrale erbauten Kabelwerkes Oberspree der AEG. Unter seiner Leitung hat sich dieses Werk bis zum Jahre 1926, in dem er als Vorstandsmitglied in die Fabriken-Leitung der AEG übertrat, zu einem der größten Kabelwerke entwickelt.

Die Fernmeldetechnik förderte Weber durch den Bau einer Fernmeldekabelfabrik und, nach der Erfindung der Verstärkerröhren im Jahre 1912, durch die Einrichtung des ersten deutschen Verstärkerlaboratoriums, das der Entwicklung und Herstellung von Verstärkerapparaten diente. Auch auf metalltechnischem Gebiet war Weber in vieler Beziehung führend, so u. a. in der Herstellung von Preßteilen. Die wissenschaftlichen Methoden der Metallprüfung durch Metalllaboratorien, im besonderen durch die Metallographie, wurden früh von ihm angewandt. Weber erkannte auch sogleich die Bedeutung der gummifreien Isolierstoffe und begann deren Verarbeitung zu Installationsmaterial schon im Jahre 1902, obgleich vor der Erfindung des Bakelit die Preßstoffe noch schwer eingeführt werden konnten.

Webers ganze Persönlichkeit, seine Fähigkeit, Menschen auszuwählen, zu Höchstleistungen anzuspornen und ihre Leistungen anzuerkennen, trugen dazu bei, daß er meist die geeigneten Mitarbeiter hatte. Sein Wohlwollen war mit Entschlossenheit und Weitblick gepaart. Seine alten Mitarbeiter werden seiner stets in Hochachtung und dankbar gedenken; die Geschichte der Elektrotechnik und Metalltechnik wird seinen Namen nicht vergessen. G. A. Fritze

C. W. H. Doetsch. — Am 11. November vollendet Carl W. H. Doetsch VDE, Geschäftsführer der Telefunken-Gesellschaft m. b. H., Geschäftsstelle Berlin, sein 60. Lebensjahr. Vor nahezu 30 Jahren kam er als leitender Projekten- und Montageingenieur zur damals neu gebildeten Kolonialabteilung der Telefunken-Gesellschaft, in der er u. a. das große koloniale Projekt der funktelegraphischen Verbindung Deutschlands mit den Kolonien bearbeitete. Nach Rückkehr aus dem Weltkriege wurde er dann 1921 Oberingenieur und Vorsteher des Großstationsbüros. Seit mehr als 15 Jahren leitet Direktor Doetsch jetzt die Geschäftsstelle Berlin der Telefunken-Gesellschaft und hatte als Betriebsführer die große Genugtuung, daß in diesem Jahre am 1. Mai sein Betrieb mit dem „Gaudiplom für hervorragende Leistungen" ausgezeichnet wurde.

W. Estorff. — Herr Dr.-Ing. Walther Estorff VDE beging am 2. Oktober 1941 sein 25-jähriges Jubiläum im Dienste der Siemens-Schuckertwerke. Während seiner 6-jährigen Tätigkeit als Assistent an der Technischen Hochschule Berlin promovierte er mit einer grundlegenden Arbeit über die Kugelfunkenstrecke, die auch heute noch als Meßgerät in der Hochspannungstechnik große Bedeutung hat. Am 2. Oktober 1916 trat er als Leiter der Prüf- und Versuchsabteilung in das Charlottenburger Werk der SSW ein. Hier hat er sich an der Entwicklung der Isolatoren und Schaltgeräte für Hochspannung sowie an der Schaffung leistungsfähiger Überspannungsableiter erfolgreich beteiligt. Seine reichen Erfahrungen und seine fesselnde Darstellungsweise stellte er in zahlreichen Vorträgen im In- und Ausland jederzeit in den Dienst der Elektrotechnik. Im Verband Deutscher Elektrotechniker und bei

W. Estorff

den Arbeiten der Internationalen Elektrotechnischen Kommission hat er auf dem Gebiet der Hochspannungstechnik maßgebend mitgearbeitet und ist insbesondere bei der Bemessung der Isolation elektrischer Hochspannungsanlagen richtunggebend tätig. Der ETZ ist Dr. Estorff seit langen Jahren ein unentbehrlicher Mitarbeiter.

H. Ude. — Herr Dr.-Ing. Hans Ude VDI, VDE, bisher 1. Geschäftsführer des Vereins deutscher Ingenieure im NSBDT, ist vom Vorsitzenden des VDI, Reichsminister Dr. Todt, zum Direktor des VDI bestellt worden.

EINGÄNGE

Bücher

Ingenieur-Fortbildung. Vorträge und Lehrgänge. Oktober—Dezember 1941. Herausg.: Nationalsozialistischer Bund Deutscher Technik. Mit 86 S. im Format A 4. NSBDT München 26, Erhardtstr. 36.

[Es ist sehr begrüßenswert, daß der NSBDT sämtliche Vorträge und Lehrgänge, die vom Oktober bis einschließlich Dezember d. J. innerhalb der technisch-wissenschaftlichen Fachverbände gehalten werden, in einem Heft herausgegeben hat, so daß sich jeder Ingenieur über „seine" Vorträge und Veranstaltungen sofort unterrichten kann. Vorträge und Lehrgänge sind nach Gauen geordnet und innerhalb dieser nach Städten. Ein Ortsverzeichnis befindet sich am Schluß des Heftes.]

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Obering. W. Geyger VDE, Berlin-Schmargendorf, Cunostr. 67
W. Venzke VDE, Berlin N 65, Swakopmunderstr. 26
Direktor Dipl.-Ing. O. Willenberg, Berlin-Dahlem, Ehrenbergstr. 21

Abschluß des Heftes: 31. Oktober 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Springer-Verlag, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 20. November 1941 | Heft 46/47

Das Energieproblem bei fernmeldetechnischen Übertragungen

Von W. Waldow, Berlin

DK 621.392.017

Übersicht. Betrachtet man fernmeldetechnische Übertragungen als Energieproblem, so ergeben sich dabei recht interessante und teilweise unerwartete Zusammenhänge. Im folgenden wird ein zusammenfassender Überblick über die örtliche Verteilung und die zeitlichen Änderungen der Leistung sowie das Beeinflussen der Übertragungswege durch Fremdenergien bei fernmeldetechnischen leitungsgebundenen und drahtlosen Übertragungen gegeben, wobei neue Probleme und Lösungen dieses Gebietes berücksichtigt sind.

Allgemeine Vorbemerkungen

Bei einer fernmeldetechnischen Übertragung kommt der Energiefrage nicht wie bei einer Starkstromübertragung die überwiegende Bedeutung zu. Neben der Größe der Leistung[1]), des Produktes von Strom und Spannung, ist die Form dieser Größen, d. h. die zeitliche Aufeinanderfolge der Augenblickswerte, von ausschlaggebender Bedeutung. Strom- und Spannungswerte sind die elektrischen Abbilder von Zeichen, akustischen und optischen Vorgängen. Sie müssen bei einer Übertragung möglichst ihre Wertbeziehungen in der zeitlichen Aufeinanderfolge beibehalten, andernfalls sind Verfälschungen und Verzerrungen bei der Rückwandlung von dem elektrischen in den Ursprungszustand zu befürchten.

In der Fernmeldetechnik sind die Schwankungen der elektrischen Leistung recht beträchtlich; dies gilt sowohl in örtlicher als auch in zeitlicher Beziehung. Weiterhin ist der energetischen Beeinflussung der verschiedenen auf demselben Weg geführten Verbindungen untereinander größte Aufmerksamkeit zu widmen. Schließlich muß auch mit von außen störenden energetischen Einflüssen auf die Übertragungswege gerechnet werden.

Die Leistungen sind in der Fernmeldetechnik recht klein. Im allgemeinen werden auf der Sendeseite, also z. B. gemessen am Ausgang eines Fernsprechmikrophons, nur Werte in der Größenordnung von einigen Milliwatt vorhanden sein. Empfängerseitig genügen nur noch Bruchteile dieser kleinen Beträge, um die beabsichtigte Wirkung am Ende der Übertragung ausüben und damit ihren Zweck erfüllen zu können. Größenordnungsmäßig haben wir es hierbei nur noch mit Leistungen von Mikrowatt zu tun.

1. Die örtliche Verteilung der Leistung bei fernmeldetechnischen Übertragungen

Vor dem Gebrauch von Fernmeldeverstärkern beobachten wir auf den Übertragungswegen einen im allgemeinen stetigen Abfall der Leistung von der Sendestelle bis zur Empfangsstelle ähnlich wie bei Starkstromübertragungen, nur innerhalb einer viel größeren Spanne. Diese Stetigkeit ist nicht längenmäßig, sondern durch die elektrischen Übertragungseigenschaften vorhanden. Da vielfach eine Fernmeldeverbindung aus mehreren Abschnitten mit verschiedenen Übertragungseigenschaften zusammengesetzt ist, wird auch die Leistung, längenmäßig betrachtet, mehr oder minder schnell abfallen.

Der Fernmeldetechniker hat sich im Dämpfungsmaß b (Einheit Neper) eine Größe geschaffen, deren Zahlenwert sofort den energetischen Verbrauch einer Fernmeldeübertragung, entsprechend der Beziehung $N_a/N_e = e^{2b}$, dem Verhältnis der Scheinleistungen am Anfang und Ende der Verbindung, erkennen läßt [1][2]). Dabei gestattet die geschickte Wahl dieses Dämpfungsmaßes b nach den physikalischen und mathematischen Voraussetzungen die unmittelbare Addition der Dämpfungen von Teilstrecken zu der Gesamtdämpfung der ganzen, aus verschiedenen Abschnitten aufgebauten Verbindung. Dies ist wenigstens für die Mehrzahl der praktischen Fälle möglich, wenn auch streng physikalisch gesehen durch die Addition von Leitungsdämpfungen der einzelnen Abschnitte nicht genau die Gesamtdämpfung der Verbindung errechnet wird. So treten z. B. bei Aneinanderschaltung von Leitungsabschnitten mit verschiedenen Wellenwiderständen Reflexionsverluste auf, die zusätzliche Dämpfungen hervorrufen.

Jedoch wird die Änderung der Leistung längs einer Fernmeldeverbindung durch die Veränderungen des Dämpfungsmaßes b hinlänglich genau beschrieben. Da nach Einführen der Fernmeldeverstärker auf den Verbindungen auch Leistungen anzutreffen sind, die sich teilweise beträchtlich über den Anfangswert erheben, wird nicht mehr allein das Dämpfungsmaß b, sondern auch ein Verstärkungsmaß s vorkommen, die beide unter dem Obergriff des Pegels p zusammengefaßt werden. Negative Pegelwerte bedeuten somit also kleinere, positive Pegelwerte größere Leistungen als der Anfangswert, der mit dem Nullniveau unseres Pegels zusammenfällt.

Betrachten wir die Veränderungen des Pegelwertes p längs einer Fernmeldeverbindung näher. Solange also keine neuen Energiequellen unterwegs eingesetzt wurden, konnten nur negative Pegelwerte vorkommen. Der tiefste Pegelwert ist damit gleichzeitig der Wert am Ende einer Verbindung. Auch ist die mögliche Spanne im Vergleich zur späteren Entwicklung verhältnismäßig klein. So stellten beispielsweise — 1,3 Neper die untere Pegelgrenze für eine Fernsprechleitung innerhalb des Abschnittes zwischen zwei Fernämtern dar. Unter Hinzurechnung der Anschlußleitungen bis zu den Teilnehmersprechstellen

[1]) Genau genommen handelt es sich bei fernmeldetechnischen Berechnungen meist um eine Scheinleistung, da die Widerstände von Leitungen und Geräten überwiegend nicht rein reell, sondern komplex sind. Jedoch sei gestattet, hier und im folgenden ohne strenges Unterscheiden von Schein-, Wirk- und Blindleistung allgemein das Wort Leistung zu gebrauchen. Dies dürfte im Rahmen der gestellten Aufgabe ohne Schädigung der Klarheit möglich sein.

[2]) Die Zahlen in eckigen Klammern [ ] beziehen sich auf das Schrifttum am Schluß der Arbeit.

sinkt der Pegelwert bis auf — 3,3 Neper. Beim Unterschreiten dieses Wertes wird die Fernsprechverbindung nicht mehr zufriedenstellend arbeiten. Letztere Pegelzahl bedeutet ein Verhältnis der Scheinleistungen $N_a/N_e = 750/1$ entsprechend dem Zahlenwert von $e^{2 \cdot 3,3}$.

Eine größere Reichweite der Verbindung ließ sich nur durch Vermindern der Energieverluste, also Verkleinern der Größe *b* für die Längeneinheit, oder durch Bereitstellen einer höheren Sendeleistung erzielen. So sind auch die Zeiten vor Einführen des Fernmeldeverstärkers dadurch gekennzeichnet, daß zum Vergrößern der Reichweite einer Übertragung die Eigenschaften der Leitungen durch Erhöhen des Kupferdurchmessers und Pupinisieren verbessert wurden. Auch versuchte man, durch Einsatz besonders leistungsfähiger Mikrophone in der Telephonie oder durch Telegraphengeräte mit hohen Sendespannungen größere Reichweiten zu erzielen.

Allzubald waren hier technische und wirtschaftliche Grenzen gezogen. Hinzu kam, daß durch die Abwanderung von den oberirdischen, in Freileitungsgestängen geführten Verbindungen zu Kabelwegen die Übertragungseigenschaften in energetischer Hinsicht noch schlechter als bisher wurden. Anderseits war diese Umstellung aus bautechnischen Gründen, vor allem in dicht besiedelten Gegenden und größeren Städten, nicht mehr hintanzuhalten. Nur Fernmelderelais konnten das Versickern der Ursprungsenergie ausgleichen und damit die Reichweite der Verbindungen erhöhen.

In der Telegraphie wurden mechanische Relaisverstärker, allgemein als Relaisübertragungen bezeichnet, schon frühzeitig verwendet. Bei den im Telegraphenbetrieb verhältnismäßig langen zeitlichen Änderungsvorgängen von Strom und Spannung sind diese Übertragungen recht brauchbar, wenn auch u. U. eine geringere Telegraphiergeschwindigkeit in Kauf genommen werden muß. Weit schwieriger liegen die Verhältnisse beim Fernsprechen.

Erst der trägheitslos arbeitende Verstärker mit Elektronenröhren konnte den zeitlich schnell wechselnden Vorgängen bei Fernsprechübertragungen folgen. Mit Einführen dieses Verstärkers war in der Übertragungstechnik ein entscheidender Schritt getan; dies ist eine der bedeutendsten Verbesserungen in der Fernmeldetechnik überhaupt. Die Frage der Reichweite von Verbindungen schien für alle Entfernungen gelöst.

Mit dem Fernsprechverstärker war nunmehr auch die Möglichkeit gegeben, die energetische Verteilung bei einer Übertragung nach zweckmäßigem Ermessen zu gestalten; man war in dieser Beziehung nicht mehr allein an den Leitungsaufbau gebunden. Bei drahtlosen Verbindungen ist allerdings nach wie vor ein energetisches Einwirken auf dem eigentlichen Übertragungsweg kaum möglich. Die in der Rundfunkversorgung anfänglich betriebenen Ballsendungen wurden bald aufgegeben. Man bevorzugt zur Vermeidung von Störungen die drahtgebundenen Verbindungen zwischen den verschiedenen Sendern, die mit derselben Sendefolge gemodelt werden sollen. In der jüngsten Entwicklung der Dezimeterwellentechnik zeigt sich jedoch auch in der drahtlosen Übertragungstechnik ein Verfahren, bei dem ähnlich wie auf Leitungen eine energetische Unterteilung der gesamten Verbindung durch Relaisstationen vorgenommen wird [2].

Die oberen und unteren Pegelwerte und damit die Leistungsspanne einer Fernmeldeverbindung waren nach Einsatz von Verstärkern im Laufe der Entwicklung mannigfaltigen Änderungen unterworfen. Zunächst einmal ist als hervorstechendster Zug das Bestreben erkennbar, die ausnutzbare Pegelspanne zu vergrößern.

Anfänglich suchte man sich den natürlichen Verhältnissen anzupassen, wie sie auf den ohne Verstärker betriebenen Leitungen vorhanden sind. Das bedeutet also einen Leistungsabfall auf den Leitungen nur bis zu dem Betrag, der für die gesamte Verbindung noch zulässig ist, während ein Ansteigen über das Nullniveau, das der Anfangsleistung entspricht, kaum vorkommt. Dieses Verfahren wurde auch vor allem deshalb bevorzugt, weil bei dieser Art der Dämpfungs- und Verstärkungsverteilung hinsichtlich der Nebensprechgüte der Leitungen noch immer dieselben Bedingungen wie bei verstärkerlosen Leitungen vorliegen. Über den Zusammenhang von Verstärkung und Nebensprechgüte der Leitungen wird in Abschnitt 3 noch Näheres zu sagen sein.

Selbstverständlich zeigte sich bald der Wunsch nach Ausdehnung der möglichen Pegelspanne; entweder kann dann die Zahl der in einer Verbindung notwendigen Verstärker geringer sein oder die Aderdicke der Leitungen herabgesetzt werden. Die erste Maßnahme war aus betrieblichen Gründen erwünscht, weil besonders in den Anfängen der Leitungsverstärkertechnik diese neuartigen Geräte manche Schwierigkeiten brachten. Deshalb sollte ihre Zahl in einer Verbindung so klein wie möglich sein. Herabgesetzte Aderndicken spielten mit Rücksicht auf wirtschaftliche und rohstoffmäßige Ersparnisse eine erhebliche Rolle.

Aber auch unter Außerachtlassen der später noch zu erörternden Nebensprechverhältnisse war die Erweiterung der möglichen Pegelspanne zunächst kaum durchzuführen. Der Grund hierfür ist darin zu sehen, daß die Elektronenröhre nur die Übertragung von elektrischen Schwingungen in einer Richtung gestattet, während ein wechselseitiger Nachrichtenaustausch möglich sein muß, soweit es sich wenigstens um den bald stark überwiegenden Fernsprechverkehr handelt.

Zweidraht- und Vierdrahtschaltungen stellen hierfür Lösungsmöglichkeiten dar. Letztere Art ist, technisch gesehen, die einfachste und zweckmäßigste Lösung. Sie hat sich auch allmählich für die Fernverbindungen durchgesetzt; auch für die anschließenden Ortsverbindungen wurde eine vierdrahtmäßige Führung erörtert. Sie würde sich nur auf eine metallische Doppelleitung stützen, jedoch durch frequenzmäßiges Trennen der Hin- und Rückrichtung zwei Verbindungswege schaffen. Über die Verwirklichung dieser Maßnahmen kann noch kein Urteil gefällt werden [3].

In den Anfängen der Entwicklung der Verstärkertechnik war der spätere Gang der Dinge kaum vorauszusehen. Damals bestimmten vor allem wirtschaftliche Überlegungen das Bevorzugen der Zweidrahtschaltung. Erst in der späteren Entwicklung sollte die wirtschaftliche Unterlegenheit der Vierdrahtschaltung gegenstandslos werden.

Der Verstärkungsziffer eines in Zweidrahtschaltung betriebenen Verstärkers ist dadurch bald eine Grenze gesetzt, daß die Stabilität des mit Leitungsnachbildungen arbeitenden Verstärkers nicht gefährdet werden darf. Diese Stabilität hängt nicht nur von der Güte der eigenen Nachbildungen des Verstärkers ab, sondern die gesamte, mit mehreren Verstärkern ausgerüstete Verbindung ist als ein zu Eigenschwingungen neigendes Gebilde zu betrachten; seine Stabilität kann nur dadurch gewahrt werden, daß einmal die Übereinstimmung der Scheinwiderstände von Leitungen und ihren Nachbildungen soweit wie irgend möglich getrieben wird, anderseits aber auch beim Verteilen von Dämpfung und Verstärkung bestimmte Bestwerte eingehalten werden [4].

Die physikalische Untersuchung führt hierbei zu dem Ergebnis, daß die natürliche Pegelspanne, die für Fernleitungen bekanntlich in der Größe von 1,1 bis 1,4 Neper liegt, auch der zweckmäßigste Wert für die Dämpfungsfelder und die nachfolgende Verstärkung einer mit Zweidrahtverstärkern betriebenen Leitung darstellt. Dabei ist zu bedenken, daß dieser für die Normfrequenz von 800 Hz angegebene Wert für die höheren Frequenzen allmählich ansteigt, was für die Stabilität der Verbindung besondere Aufmerksamkeit verdient.

Die eben angeführten Hemmungen für das Erhöhen der Verstärkungsziffer fallen bei den mit Vierdrahtverstärkern betriebenen Leitungen fort. Bereits die ersten Vierdrahtleitungen zeigen auch schon ein Ausweiten der

Pegelspanne von etwa 1 Neper, indem die obere Grenze sich bis auf etwa + 0,5 Neper erhebt, während die tiefsten Werte bis auf etwa — 2,0 Neper abfallen dürfen. Dadurch war es in der Vierdrahtschaltung möglich, bei denselben Abständen der Verstärker mit einem wesentlich dünneren Aderdurchmesser auszukommen, nämlich mit 0,9 mm gegenüber 1,4 mm bei den Zweidrahtleitungen. Immerhin war auch trotz dieser Senkung des Durchmessers der Gesamtaufwand der Vierdrahtleitung gegenüber der Zweidrahtleitung noch um etwa 25 bis 30 % größer.

Wählt man für beide Schaltungsarten denselben Aderdurchmesser, so ergibt sich für die Zweidrahtleitung die doppelte Zahl von Verstärkern wie bei der Vierdrahtleitung. Diese Tatsache war dadurch bedingt, daß aus betrieblichen Gründen durch das Aufstellen von Vierdraht- und Zweidrahtverstärkern in denselben Ämtern immer nur ein ganzzahliges Verhältnis zwischen den Zahlen beider Verstärkerarten möglich war, genau wie die für beide Leitungsarten gewählten Aderdurchmesser derart abgestimmt wurden, daß die notwendigen Verstärkerpunkte örtlich zusammenfielen.

Diese gegenseitige Rücksichtnahme erschöpft nicht restlos die Möglichkeiten beider Schaltungsarten. Dies gilt besonders für die Vierdrahtschaltung. Ein Wandel trat ein, sobald in der Übertragungstechnik Entfernungen und damit Dämpfungen zu überbrücken waren, bei denen die zulässige Pegelspanne zwangläufig erweitert werden mußte. Dies war bei den Seekabelverbindungen der Fall. Hierbei und bei den sich allmählich einführenden Verbindungen in höheren Frequenzlagen traten Felddämpfungen von anfänglich 3, später bis zu 6 Neper auf. Das sind entsprechend dem Werte $e^{2 \cdot 6}$ bereits Leistungsverhältnisse von 1 : 150 000 [5, 6].

Die Pläne für ein transatlantisches Fernsprechkabel rechneten mit einem Dämpfungsabschnitt von 12 Neper, der infolge geographischer Gegebenheiten ohne Zwischenverstärker zu überbrücken war. Die Anfangs- und Endleistungen eines derartigen Abschnittes würden demnach im Verhältnis $e^{2 \cdot 12} = 2{,}25 \cdot 10^{10} : 1$ stehen [7].

Daß das Beherrschen einer derartigen Leistungsspanne nicht utopisch ist, lehren die Verhältnisse bei den drahtlosen Verbindungen. Am einfachsten ist dies bei den Funkfernsprechverbindungen zu überschauen. Hier stehen Sendespannungen von einigen kV Empfangsspannungen von nur wenigen mV oder µV gegenüber, das sind Strom- bzw. Spannungsverhältnisse von $10^6 : 1$. Leistungen werden also miteinander in Beziehung gesetzt, die Unterschiede von einer Billion und mehr aufweisen [8].

Doch kehren wir zurück zu den leitungsgebundenen Übertragungen. Hierbei war ähnlich wie beim Einführen des Fernsprechverstärkers ein entscheidender Wandel mit der Aufnahme des Trägerfrequenzbetriebes eingetreten, der besser als Verfahren der Frequenzversetzung bezeichnet würde. Durch Verlagern der Übertragungsvorgänge in höhere Frequenzgebiete wurden auch die Verhältnisse von Dämpfung und Verstärkung und damit die Energiebeziehungen auf den einzelnen Leitungsabschnitten stark verändert.

Die Leitungsdämpfung steigt bekanntlich mit der Frequenz stark an, und zwar gilt dies für bespulte und unbespulte Übertragungswege. Anfänglich suchte man noch eine gewisse, wenn auch nur geringe induktive Belastung der Leitungen zu halten, gab sie dann aber schließlich ganz auf, weil immer höhere Frequenzen für die Übertragung herangezogen werden mußten, die bei bespulten Leitungen schon jenseits der Grenzfrequenz lagen. Da somit eine verminderte Dämpfung durch Beeinflussen der induktiven Leitungseigenschaften entfiel, konnte sie nur durch Verkleinern der dielektrischen Verluste erreicht werden. Dies gelang durch Wahl eines Isolierstoffes oder besser Isolationsverfahrens, bei dem die Hin- und Rückleiter praktisch durch einen Luftraum getrennt sind. Somit werden nahezu die idealen Übertragungsbedingungen von Freileitungen geschaffen, ohne daß wie bei diesen Ableitungsverluste durch Fortfließen von Stromanteilen über mangelhafte Isolatoren zu befürchten sind [9].

Die höchsten Felddämpfungen dieser an einen gemeinsamen metallischen Leiter gebundenen Übertragungskanäle liegen in der Größenordnung von 6 Neper. Selbst bei diesen hohen Beträgen wurde ein Verkleinern der bis dahin üblichen Verstärkerabstände von 70 km notwendig. Für die Fernsprechverbindungen ist das Einschalten von Verstärkern in Entfernungen von 35 km, für die Fernsehübertragungen sogar in Abständen von 17,5 km notwendig. Ein weiteres Erhöhen der Felddämpfung war mit Rücksicht auf die Geräuschgefahr und Nebensprechbeeinflussung nicht möglich, worüber noch in den Abschnitten 2 und 3 berichtet wird. Die vermehrte Verstärkerzahl in der gesamten Verbindung wird nicht mehr so unangenehm wie früher empfunden, weil die Betriebssicherheit der Verstärker sehr gesteigert werden konnte. Neuerdings sind sogar Bestrebungen erkennbar, die Zahl noch weiter zu erhöhen und damit die Pegelspanne eines Verstärkerfeldes wieder zu verkleinern. Dies ist mit Rücksicht auf durch nichtlineare Vorgänge hervorgerufene Erscheinungen erwünscht [10].

Die Übertragungsverfahren auf den neuzeitlichen Breitbandkabeln stellen in der Fernmeldetechnik einen gewaltigen Fortschritt dar. Bisher ist die technische Lösung errungen und auch die praktische Erprobung an einer größeren Zahl von Verbindungen durchgeführt worden. In den kommenden Jahren wird diese Arbeit für die Betriebstechnik und Netzgestaltung ausgewertet werden. Wir stehen in der Übertragungstechnik wieder an einem ähnlichen Abschnitt wie nach dem Entdecken des Fernsprechverstärkers, in dem nunmehr die technische Forschungsarbeit ihre praktischen Erfolge in großem Umfang ernten wird. Ungewiß ist, ob nicht bald wieder neue technische Entdeckungen auch für die Praxis neue Wege und Betriebsverfahren zur Folge haben werden. Die neuzeitliche Dezimeterwellentechnik könnte hier bahnbrechend wirken. Doch dürfte ein Urteil in dieser Hinsicht verfrüht sein [2].

2. Zeitliche Änderungen der Leistung

Bei den bisherigen Betrachtungen waren die zeitlichen Veränderungen der in der Fernmeldetechnik zu übertragenden Leistung unberücksichtigt geblieben. Die Zahlenangaben im ersten Abschnitt beziehen sich auf einen Mittelwert, der besonders für das meßtechnische Überprüfen der Verbindungswege an den verschiedenen Punkten von Bedeutung ist. Betrieblich liegen die Verhältnisse bedeutend verwickelter; denn wir haben es in der Übertragungstechnik auch mit großen zeitlichen Änderungen der Leistung zu tun. So folgen beispielsweise beim Fernsprechen in zeitlich kleinen Abständen Laute aufeinander, deren Energieinhalt stark voneinander abweicht. Amplitudenmäßig treten hierbei Unterschiede von etwa 4 Neper auf. Das bedeutet also, auf die Leistung bezogen, Verhältniszahlen von 1 : 2500 [5].

Noch größere Amplitudenschwankungen zeigen sich bei musikalischen Übertragungen. Untersuchen wir zunächst das akustische Hörbild einer symphonischen Orchesterdarbietung, so werden die Amplituden der Fortissimo- zu den Pianissimostellen etwa in einem Verhältnis von $10^4 : 1$ stehen, so daß in der Leistung Unterschiede bis zum 10^8-fachen auftreten.

Ähnlich wie bei fernmeldetechnischen Übertragungen das Frequenzband von Sprache und Musik beschnitten wird und dadurch ein Verlust an Verständlichkeit und Güte der Wiedergabe in Kauf zu nehmen ist, kann auch die Dynamik des Klangbildes, seine energetische Spanne, mehr oder minder stark eingeengt werden. Das Ergebnis dieser Maßnahme ist etwa dasselbe wie bei der Frequenzbandeinschnürung. Die Verständlichkeit der Übertragung wird erst bei sehr starken Eingriffen in den natürlichen Frequenzgehalt und bei allzu starker Pressung der Dy-

namik in Mitleidenschaft gezogen. Dagegen macht sich schon bei geringfügigen Beschneidungen der Frequenzfülle und der Amplitudenspanne eine verminderte Natürlichkeit der Wiedergabe bemerkbar. Solange es sich um reine Sprachübertragungen in der üblichen Fernsprechtechnik handelt, sind diese Erscheinungen im allgemeinen nicht sehr störend, dagegen werden sie bei musikalischen Darbietungen als recht unangenehm empfunden. Mit einem zutreffenden Ausdruck spricht man in diesem Fall von einer flach klingenden Musik [11].

Allgemeine technische und vor allem wirtschaftliche Gründe erzwingen eine mehr oder minder starke Einengung der Dynamik. In der Fernsprechtechnik hat dieser Gesichtspunkt zunächst für die Leitungen mit ihren Verstärkern nur eine untergeordnete Rolle gespielt. Die Fernsprechverstärker mußten derart bemessen werden, daß auch die größeren Amplitudenwerte möglichst ohne nichtlineare Verzerrungen übertragen wurden. Die Anforderungen in dieser Hinsicht waren nicht sehr streng. Da als Quellpunkte nichtlinearer Verzerrungen weniger die Übertragungsglieder der Leitung als Mikrophon und Fernhörer in Betracht kamen, bereitet leitungsmäßig die Übertragung der Sprachspitzen keine allzu großen Schwierigkeiten bzw. konnte unbedenklich auf ihre unverzerrte Übertragung verzichtet werden. Nicht so einfach war dagegen leitungsmäßig das einwandfreie Übertragen der Sprachschwellwerte, bei denen ein angemessener Abstand zum Störpegel oft nicht mehr einzuhalten war. Besonders im Zusammenhang mit eingeschalteten sprachgesteuerten Einrichtungen, wie Echo- und Rückkopplungssperren, spielt dieser wirksame Schwellwert eine beachtenswerte Rolle. Oft können die gesamten Einrichtungen wegen der allgemeinen Störverhältnisse nur zufriedenstellend arbeiten, wenn ihre Ansprechempfindlichkeit nicht zu hoch getrieben wird. Das bedeutet aber in vielen Fällen ein Verzicht auf die Übertragung der Sprachschwellwerte oder Betätigung der Echosperre.

Ein Wandel hinsichtlich der Bedeutung der Energiedynamik ist auch für Fernsprechverbindungen durch Einführen des Verfahrens der Frequenzversetzung, der Mehrfachausnutzung der Leitungen mit einer großen Zahl verschiedener Übertragungsfrequenzen eingetreten. Ursprünglich waren bei den Fernsprechübertragungen die durch die nichtlinearen Verzerrungen hervorgerufenen Störungen kaum bemerkt worden. Nunmehr sind diese Erscheinungen bestimmend für die Reichweite der neuzeitlichen Mehrfachverbindungen geworden [10].

Die Summe der Einzelamplituden in den vielen Kanälen belastet den Breitbandverstärker, der als gemeinsamer Verstärker für alle in einer Mehrfachverbindung zusammengefaßten Übertragungswege arbeitet. Er muß in seiner Größe derart bemessen werden, daß sich die Übertragungsvorgänge in ihren Summen innerhalb des geradlinigen Teiles der Röhrenkennlinie abspielen. Das ist eine selbstverständliche Forderung. Jedoch sind an diese Geradlinigkeit bedeutend höhere als die bisher üblichen Anforderungen zu stellen. Daneben sind oft noch besondere Linearisierungsmaßnahmen notwendig, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll [5].

Wenn in Breitbandverstärkern Übersteuerungen auftreten oder seine Kennlinie den strengen linearen Anforderungen nicht genügt, macht sich ein Nebensprechen zwischen den einzelnen Übertragungskanälen bemerkbar, das wegen seines Ursprungs als nichtlineares Nebensprechen bezeichnet wird. Allerdings ist dieses Nebensprechen im allgemeinen nicht verständlich, bewirkt aber einen erhöhten Geräuschpegel und verbietet somit ein Absinken des Nutzpegels im Zuge der Übertragung unter einen bestimmten Wert. Durch die Rücksichtnahme auf die nichtlinearen Verzerrungen werden also schließlich die höchstzulässigen Felddämpfungen, damit wieder die Zahl der Verstärker und somit auch die mögliche Reichweite einer Verbindung bestimmt, die in einem Kanal eines neuzeitlichen Mehrfachsystems geführt wird.

Beim Bemessen der Breitbandverstärker müßten streng genommen die Amplitudenspitzen in den einzelnen Kanälen in Rechnung gesetzt werden. Eine Wahrscheinlichkeitsuntersuchung der vielen in den verschiedenen Kanälen jeweils herrschenden Sprachamplituden führt jedoch zu dem Ergebnis, daß mit einem Amplitudenmittelwert gerechnet werden kann, da Höchstwerten in dem einen Kanal kleinere Werte in einem anderen gegenüberstehen und sich somit im gesamten ein Ausgleich ergibt.

Dieser Mittelwert kann um so kleiner gewählt werden, je geringer die Amplitudenschwankungen in den einzelnen Übertragungskanälen sind. Durch eine künstliche Amplitudenpressung kann dafür gesorgt werden, daß die für die Verständlichkeit der Übertragung nicht so notwendigen Sprachspitzen abgeflacht und damit die Leistungsschwankungen in kleineren Grenzen gehalten werden. Dies ist in verhältnismäßig großem Umfang ohne nachteilige Folgen für die Verständlichkeit der Übertragung durchzuführen, so daß die früheren Amplitudenschwankungen im Verhältnis von 1 : 50 nach der Pressung nur noch im Verhältnis von 1 : 5 in Erscheinung treten. Die Bedeutung dieser Maßnahme für die Ausnutzung der Breitbandverstärker ist daraus ersichtlich.

Bei den hochwertigen Übertragungen des Rundfunks sind an die Dynamik höhere Anforderungen zu stellen, ebenso wie hierbei im Verhältnis zu den Fernsprechverbindungen ein wesentlich breiteres Frequenzband übertragen werden muß. In der Fernsprechtechnik genügt im allgemeinen ein Frequenzband von 300 bis 2400 Hz, und Ausweitungen auf 2700 und 3000 Hz werden als ein wesentlicher Fortschritt erörtert, der in seinen mannigfaltigen Folgen eingehend zu überprüfen ist. Für die Rundfunkleitungen stellt man höhere Anforderungen und verlangt mindestens ein Band von 50 bis 6400 Hz, weil eben nicht nur Verständlichkeit, sondern auch Natürlichkeit der Wiedergabe gefordert wird [12].

Ähnlich liegen bei diesen Verbindungen auch die Verhältnisse für die nutzbare Spanne der Amplituden, deren zeitlichen Änderungen alle Übertragungsglieder, vor allem die Verstärker, angepaßt werden müssen. Jedoch nicht nur an die Leitungen mit ihren Verstärkern, sondern auch an die Aufnahme- und Wiedergabegeräte sind in dieser Hinsicht die gleichen Anforderungen zu stellen. Ihre Erfüllung ist bei den Mikrophonen und Lautsprechern wesentlich schwieriger und für alle Glieder der Übertragung nur in einem bestimmten Umfang möglich. So ist eine Rundfunkübertragung, die im ganzen betrachtet unter Einrechnung von Mikrophon und Lautsprechern eine Amplitudendynamik von 1 : 100 wiedergibt, bereits als hochwertig anzusehen, obwohl im Original akustische Lautstärkeunterschiede von 1 : 10^4 auftreten. Die nur unzulängliche Dynamik künstlicher Musik ist neben anderem mit ein Grund dafür, daß unser Hörempfinden im Vergleich zum Original nicht restlos befriedigt wird. Eine Verbesserung auf diesem Gebiet wird nur schwer durch Aufwenden erheblicher Mittel und dann zunächst auch nur für bevorzugte Fälle durchzuführen sein.

3. Beeinflussen der Übertragungswege durch Fremdenergien

a. Gegenseitiges Beeinflussen verschiedener Fernmeldekreise

Im Gegensatz zu Starkstromkreisen bildet die Bündelung von Übertragungswegen der Fernmeldetechnik die Regel. Ursprünglich geschah dies ausschließlich in den Linienzügen der Freileitungsgestänge. Allmählich begann man dann mit dem Verlegen von Kabeln, in denen Hunderte von Stromkreisen untergebracht werden. Bei dem starken örtlichen Annähern der einzelnen Verbindungen konnte ein gegenseitiges Beeinflussen nicht ausbleiben, zumal die höhere Frequenzlage der Übertragungsvorgänge im Vergleich zur Starkstromtechnik die Wirkung der Kopplungen zwischen den einzelnen Kreisen erhöhte.

Schon in den Anfängen des Fernsprechens auf weite Entfernungen, noch lange vor Einführen der Fernsprechverstärker, wurden besondere Maßnahmen im Aufbau der Freileitungen zum Vermindern dieser gegenseitigen Beeinflussungen, die auch allgemein mit Nebensprechen bezeichnet werden, durchgeführt. Bekannt sind die in strenger Regelmäßigkeit in genau gegeneinander abgewogener Anordnung vorgenommenen Kreuzungen und Platzwechsel der einzelnen Leitungen zum Herabsetzen der auf induktiven Kopplungen beruhenden Beeinflussungen.

Der Erfolg dieser Maßnahmen war zufriedenstellend. Auch bei Kabelleitungen konnte durch Adernverdrillungen und möglichst gleichmäßigen geometrischen Aufbau die Wirkung der meist kapazitiven Kopplungen noch so klein gehalten werden, daß die Nebensprechstörungen in erträglichen Grenzen blieben. Die Anforderungen in dieser Hinsicht sind nicht gering, da bei einer Nutzleistung von 10^{-3} W keine größeren Fremdleistungen als $3 \cdot 10^{-10}$ W in den Verbindungen auftreten dürfen; das entspricht einer Nebensprechdämpfung von mindestens 7,5 Neper [13].

Die Schwierigkeiten zur Erzielung einer ausreichenden Nebensprechfreiheit wuchsen mit der Einführung der Verstärker. Nunmehr vergrößerte sich die nutzbare Pegelspanne und damit auch die Nebensprechgefahr. Als besonders gefährdet sind immer die Punkte anzusehen, an denen hohe Pegel der einen Verbindung auf niedrige Pegel des Nachbarkreises einwirken können. Um diese Pegelspanne wird die durch den Aufbau des Kabels und durch die besondere Anordnung der Stromkreise gegebene Nebensprechdämpfung verringert.

Wie im Abschnitt 1 ausgeführt wurde, stieg die nutzbare Pegelspanne auf den Fernleitungen von dem natürlichen Wert von etwa 1,4 Neper allmählich bis auf 6 Neper an. So muß also bei einer wirksamen Nebensprechdämpfung von 7,5 Neper mindestens eine Übergangsdämpfung von $7{,}5 + 6{,}0 = 13{,}5$ Neper zwischen den Höchst- und Tiefstpunkten zweier Verbindungen vorhanden sein. Bald genügte schon nicht mehr die besondere Anordnung der Leitungen mit hohem und niedrigem Pegel in verschiedenen Kabellagen. Nur durch metallische Stege und Abschirmen der einzelnen Adern, schließlich sogar durch Führung in getrennten Kabeln konnten die Nebensprechbedingungen erfüllt werden.

Erwähnt zu werden verdient noch die Tatsache, daß neben dem Beherrschen des eigentlichen Nebensprechens am gleichen Ort zweier Verbindungen auch dem Gegensprechen, nämlich der Einwirkung der am Anfang einer Verbindung wirksamen Spannungen auf das ferne Ende einer anderen, mit der ersten Verbindung gemeinsam geführten Leitung besondere Aufmerksamkeit zu widmen war. Das Gegennebensprechen gewann an Bedeutung, weil das eigentliche Nebensprechen durch Abschirmen der Leitungen und Führung in getrennten Kabeln ausgeschaltet werden konnte, während bei Stromkreisen derselben Betriebsrichtung zunächst keine Abwehrmaßnahmen vorgenommen wurden.

Mit dem Verlagern der Stromkreise in höhere Frequenzgebiete traten neben den früher fast allein in Kabeln wirkenden kapazitiven nunmehr auch die induktiven Kopplungen in Erscheinung. Die gegen die kapazitive Einwirkung erfolgreich verwendeten statischen Abschirmungen waren für die induktiven Kopplungen nicht wirksam genug. Ähnlich wie früher bei Freileitungen helfen gegenseitige Änderungen bei den Drallängen der Adern im Kabelaufbau, auf dessen Gleichmäßigkeit in elektrischer und mechanischer Hinsicht noch mehr als bisher zu achten ist [14].

Die Rücksichtnahme auf die Nebensprechgüte der Verbindungen setzte dem Ausweiten der nutzbaren Pegelspanne und damit dem Vergrößern der Verstärkerfeldlängen eine Grenze. In der neuesten Entwicklung tritt daneben noch die Gefahr von Störungen durch Geräuschspannungen nichtlinearer Herkunft, zu deren Herabsetzung auch kleinere Verstärkerfeldlängen erwünscht sind. Für die Mehrzahl aller Verbindungen ist jedoch nach wie vor die Nebensprechfrage für die Größe einer Felddämpfung bestimmend. Dies gilt besonders für die Seekabelverbindungen. Hier müssen oft infolge geographischer Gegebenheiten unverhältnismäßig hohe Leitungsdämpfungen überwunden werden, so daß am Ende und Anfang dieser Strecke zwischen den Pegelwerten der beiden Übertragungsrichtungen sehr hohe Differenzen auftreten.

Bei den nach früheren Kenntnissen und Gesichtspunkten geplanten transatlantischen Fernsprechverbindungen würde diese Differenz mindestens 12 Neper betragen, so daß also zum Abschirmen des einen Kreises von dem andern etwa 20 Neper Dämpfung erforderlich sind. Selbst bei Führung in getrennten Kabeln wäre daneben noch an den Aufbau der beiderseitigen Verstärkereinrichtungen hinsichtlich der Abschirmung eine gewaltige Anforderung zu stellen, die wahrscheinlich nur durch Unterbringen in voneinander weit genug getrennten Gebäuden zu erfüllen ist.

Nur der größeren Anschaulichkeit halber ist dieser Entwurf erwähnt worden, der nicht Wirklichkeit geworden ist. Das Problem einer transatlantischen drahtgebundenen Fernsprechverbindung kann wahrscheinlich nicht mehr nach den Planungen erörtert werden, die auf Grund der Kenntnisse und Erfahrungen vor etwa 10 Jahren angestellt wurden. Inzwischen werden auch bei dieser Aufgabe die weiteren übertragungstechnischen Fortschritte zu berücksichtigen sein. Allerdings scheinen diese die Lösung der Aufgabe eher zu erschweren als zu erleichtern [7].

Das Nebensprechproblem besteht auch bei Trägerfrequenzverbindungen, selbst bei den in verschiedenen Frequenzlagen geführten Kanälen. Das gegenseitige Beeinflussen frequenzgleicher Übertragungen ist meist so stark, daß wenigstens bei oberirdischer Führung in den höheren Frequenzgebieten nur noch eine Leitung im Linienzug ausgenutzt werden kann.

Jedoch auch zwischen den Übertragungskanälen verschiedener Frequenzlage, die über einen metallischen Leiter verlaufen, ist ein gegenseitiges Beeinflussen möglich. Dies wird allerdings nicht mehr durch kapazitive und induktive Kopplungen verursacht, deren Wirkung auch wegen der linearen Strom-Spannungsbeziehungen zwischen den betrachteten Kreisen als lineares Nebensprechen bezeichnet wird, sondern durch ein Einwirken nichtlinearer Art, das bei Übersteuerung bestimmter Übertragungsglieder auftritt. Man spricht deshalb auch von einem nichtlinearen Nebensprechen.

Hervorgerufen werden kann diese Erscheinung an allen Stellen, an denen die Gefahr einer Übersteuerung zu befürchten ist und die Spannungen bzw. Ströme der verschiedenen frequenzversetzten Übertragungswege gemeinsam wirken. Die gefährdetsten Punkte sind in dieser Hinsicht die gemeinsamen Breitbandverstärker, die bei ungenügender Bemessung übersteuert werden können. Im Abschnitt 2 sind diese Zusammenhänge bereits näher erläutert.

Neben den Verstärkern verdienen auch Übertrager, Pupinspulen und Kontaktstellen und vor allem die Drahtverbindungen bei Freileitungen besondere Beachtung. Vielfach werden diese Verbindungen nur verwürgt, so daß Detektorwirkungen und damit gegenseitige Beeinflussungen nichtlinearer Art der auf diese Leitungen aufgeschalteten Frequenzkanäle auftreten können. In diesen Fällen bringen nur saubere Lötverbindungen Abhilfe.

Im hochfrequenten Drahtfunk sind diese gegenseitigen nichtlinearen Störungen besonders unangenehm. Allgemein werden an Rundfunkübertragungen höhere Anforderungen als im Fernsprechen gestellt. Die Dynamik ist größer, so daß durch Nebensprechen übertragene Fortissimostellen fremder Übertragungen bei Pianissimodarbietungen recht unangenehm empfunden werden. Schließlich ist im Drahtfunk dieses Nebensprechen in

seinem Hauptanteil im Gegensatz zu den Erscheinungen bei frequenzversetzten Fernsprechverbindungen verständlich [15].

Die infolge nichtlinearer Vorgänge auftretenden gegenseitigen Beeinflussungen haben sich auch bei drahtlosen Übertragungen gezeigt. Diese Erscheinung ist im Schrifttum unter dem Namen Luxemburgeffekt bekannt, weil sie sich erstmalig bei einer Störung des schweizerischen Rundfunksenders Beromünster durch den Luxemburger Sender bemerkbar machte. Neben den infolge des Wellenmangels allzu häufigen gegenseitigen Beeinflussungen linearer Art können also im Rundfunkempfang Störungen auftreten, die mit nichtlinearen Vorgängen im Zusammenhang stehen; sie sind allerdings selten. Auch sind die physikalischen Zusammenhänge über das Zustandekommen dieser Störungen, deren nichtlinearer Charakter wohl einwandfrei feststeht, noch recht ungeklärt. Die in dieser Hinsicht aufgestellten Theorien sind noch umstritten.

Erwähnenswert ist noch die Möglichkeit einer Beeinflussung der drahtgebundenen Übertragungswege durch die drahtlos verteilte Energie der Fernmeldetechnik. Erst seitdem auch auf Leitungen höhere Frequenzgebiete ausgenutzt werden, ist eine Störwirkung der drahtlosen Sender zu beobachten. Es ist ohne nähere Begründung einleuchtend, daß meist nur bei Freileitungen diese Art der Beeinflussung ihre praktische Bedeutung hat. So sind beispielsweise im hochfrequenten Drahtfunk, der in seinem Verteilernetz auch oft Freileitungen mitbenutzen muß, die Trägerschwingungen derart auszuwählen, daß sie frequenzmäßig möglichst weit von den in dem betreffenden Gebiet wirksamen Wellen drahtloser Stationen liegen. Bauliche Maßnahmen und Symmetrierungen der Freileitungen bringen kaum einen Erfolg, da zwangläufig immer ein Rest von Unsymmetrie verbleibt, der bei den verhältnismäßig hohen drahtlosen Feldstärken nicht mehr erträgliche Störspannungen auf den Leitungen wirksam werden läßt. Auch in Kabelleitungen sind Spannungen drahtloser Sender noch meßtechnisch nachweisbar; sie liegen jedoch im allgemeinen wegen der starken Schirmwirkung des Kabelmantels so tief, daß sie kaum eine praktische Bedeutung haben [16].

b. Starkstromtechnische Störwirkungen

Bereits in Abschnitt 2 war auf die Bedeutung von Geräuschstörungen bei der Frage der Ausnutzbarkeit von Breitbandverstärkern unter Berücksichtigung des nichtlinearen Nebensprechens hingewiesen worden. Die Geräuschspannung in einem Übertragungskreis ist bestimmend für die untere Pegelgrenze der Nutzspannungen. Zwischen den Pegelwerten beider Spannungen wird ein Abstand von mindestens 5 Neper gefordert. Andernfalls leidet die Verständlichkeit einer Verbindung. Die hochwertigen Übertragungen des Rundfunks werden im allgemeinen noch höhere Anforderungen stellen [17].

Nach den Ausführungen in Abschnitt 1 ist mit maximalen Felddämpfungen von 6 Neper auf Leitungen zu rechnen. Man erstrebt nun, diese Pegelspanne von 6 Neper in Beziehungen zum Nullpunkt derart anzuordnen, daß möglichst nicht allzu hohe positive Pegelwerte auftreten; lieber nimmt man sehr tiefe negative Werte in Kauf.

In der niederfrequenten Übertragungstechnik vermeidet man hohe Sendeverstärkerleistungen, weil sonst der Aufwand an Röhren stark ansteigt und in der Stromversorgung die Wartung und Bedienung erschwert wird. Immerhin werden z. B. bei einigen Seekabelverbindungen positive Pegel von 2,5 Neper anzutreffen sein [6].

Mit dem Übergang zu der gemeinsamen Breitbandverstärkung vieler Kanäle kann meist nicht einmal mehr das Nullniveau als Sendepegel für den einzelnen Kanal gehalten werden. Schon beim Summieren der vielen Einzelamplituden sind von den Breitbandverstärkern Leistungen zur Verfügung zu stellen, die nur unter erheblichen Aufwendungen mit den strengen Anforderungen zum Vermeiden des nichtlinearen Nebensprechens erfüllt werden können [10].

So ist also die Forderung verständlich, daß die im negativen Gebiet nutzbare Pegelspanne möglichst groß sein soll, was kleine Geräuschspannungen zur Voraussetzung hat. Auch hierbei ist wieder die Vorstellung lehrreich, welche winzigen Leistungsbeträge von den Übertragungswegen ferngehalten werden müssen, wenn etwa ein unterer Nutzpegel von — 6 Neper statthaft sein soll. Die Geräuschleistung müßte gegenüber der Meßleistung von $1 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-2 \cdot 6}$ auf einen Wert von

$$1 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-2\,(6+5)} \approx 3 \cdot 10^{-13}\ \mathrm{W}$$

gesenkt werden. Überlegen wir uns in diesem Zusammenhang weiter, daß anderseits bei den Starkstromübertragungen bis 10^8 W fortgeleitet werden, so besteht zwischen den betrachteten Werten in den beiden Kreisen ein Leistungsverhältnis in der Größenordnung von etwa $1 : 10^{20}$.

Glücklicherweise schrumpfen diese schon fast astronomischen Ziffern bei näherem Untersuchen zusammen. Ein Vergleich der beiden Leistungswerte gibt deshalb kein erschöpfendes Bild, weil daneben die frequenzmäßige Zusammensetzung entscheidend ist. Die technischen Wechselströme von 50 Hz besitzen kein hohes Störvermögen, weil einmal die Wirkung der kapazitiven und induktiven Kopplungen mit fallender Frequenz stark sinkt, sodann aber auch die für fernmeldetechnische Verhältnisse tiefen Schwingungen kaum bei Übertragungen verwendet werden. Ist dies doch ausnahmsweise der Fall, so müssen die störend wirkenden Spannungen dieser Frequenz bereits sehr hohe Werte annehmen, da in der akustischen Wiedergabe tiefe Frequenzen gegenüber der Lage bei 1000 Hz um ein Vielfaches stärker sein müssen, um den gleichen subjektiven Höreindruck zu erzeugen.

Immerhin können auch die Fremdspannungen tiefer Frequenzen unliebsame Wirkungen hervorrufen, wenn es z. B. bei sprachgesteuerten Einrichtungen oder bei Fernsehübertragungen nicht auf einen akustischen Eindruck, sondern auf die Wirkung der betreffenden Spannung allein nach ihrer Größe ankommt. Besondere Beachtung verdienen auch die Fälle, bei denen die induzierten Fremdspannungen in Fernmeldekreisen Werte annehmen, die ein Gefährden von Menschenleben hervorrufen können.

Jedoch werden bei Starkstromübertragungen nicht nur die Grundschwingungen, sondern auch die Oberschwingungen fortgeleitet. Ihre Amplituden sind zwar im Verhältnis zur Grundschwingung klein, ihr Einfluß wächst aber wiederum mit der Frequenz wegen des schnell ansteigenden Störvermögens stark. Der Oberschwingungsgehalt von Starkstromübertragungen ist in den letzten Jahren durch die stärkere Einführung von Gleichrichtern, vor allem der gittergesteuerten, sehr gestiegen, was für die Fernmeldetechnik nicht vorteilhaft ist. Damit hat auch das Problem der starkstrommäßigen Beeinflussung fernmeldetechnischer Kreise wieder an Bedeutung gewonnen.

Natürlich sind auch hierbei die Freileitungen die am stärksten beeinflußten Stromkreise der Fernmeldetechnik. Abwehrmaßnahmen auf fernmeldetechnischer Seite, wie Kreuzen und Symmetrieren der Leitungen, Vermeiden von Näherungen werden nicht in allen Fällen ausreichen oder anwendbar sein. Dann verbleibt nur die Verkabelung.

Jedoch auch auf verkabelten Leitungen können starkstromtechnische Einwirkungen noch wirksam werden, wenn Leitungen mit sehr kleinem Nutzpegel in starken elektromagnetischen Feldern verlaufen [18]. Da in vielen Fällen, wie z. B. bei elektrischen Bahnanlagen, ein gegenseitiges Ausweichen nicht möglich ist, müssen die Abhilfemaßnahmen auf der Starkstrom- und auf der Fernmeldeseite einsetzen. Bisher ist es immer noch, wenn auch unter Schwierigkeiten und Aufwand erheblicher Mittel, gelungen, beiden Anforderungen gerecht zu werden.

Glücklicherweise sinkt durch die Inanspruchnahme höherer Frequenzgebiete für die Übertragungen der Fern-

meldetechnik die störende Starkstrombeeinflussung, weil die Strom- und Spannungswerte der Starkstromkreise in diesen Frequenzlagen schnell abfallen. Für die Übertragungen in den neuzeitlichen Breitbandkabeln spielen hinsichtlich der Störungen starkstromtechnische Einflüsse nach den bisher gesammelten Erfahrungen kaum eine Rolle. Hierbei setzen die durch die nichtlinearen Verzerrungen hervorgerufenen Geräuschspannungen und die thermischen Rauschspannungen die untere Grenze für den Nutzpegel fest, also Vorgänge, die nicht mehr von außen einwirken, sondern auf den Leitungen selber entstehen.

Die Geräuschspannungen nichtlinearer Herkunft sind in gewissem Umfang durch entsprechende Konstruktion der Verstärker und durch Herabsetzen der Sendepegel für die einzelnen Kanäle noch beeinflußbar. Aus diesem Grunde macht sich auch ein Bestreben bemerkbar, den Abstand der Verstärker noch mehr als bisher zu verkleinern, um die dann geringeren Felddämpfungen mit noch kleineren Sendepegeln überwinden zu können. Da in heutiger Zeit die Betriebssicherheit der Verstärker sehr groß ist und auch schon unbemannte Verstärkerämter benutzt werden, kann im Gegensatz zu früher eine Vermehrung der Verstärker wohl erwogen werden, wenn damit anderseits, wie z. B. in der Geräuschfrage, erhebliche Vorteile verbunden sind. Die Rauschspannungen sind dagegen nicht irgendwie zu senken. Sie setzen endgültig die untere Pegelgrenze für die Ausnutzung der Leitungen fest.

Wenn auch im Zuge der Entwicklung die Einwirkung starkstromtechnischer Vorgänge auf Übertragungskreise der Fernmeldetechnik geringer geworden ist, so dürfen dabei jedoch nicht die praktischen Verhältnisse übersehen werden. Nach wie vor wird die Mehrzahl der Verbindungen im Aufbau und in einer Frequenzlage geführt, bei denen Starkstromeinflüsse zu befürchten sind. Dies wird sich in Zukunft auch nur wenig ändern, weil immer neben den Leitungsbündeln auf Breitbandkabeln die Masse der Leitungen infolge der Netzgestaltung nach anderen technischen Richtlinien angelegt und betrieben werden muß. So wird die Frage der Starkstrombeeinflussung für die weitere Zukunft der Fernmeldetechnik von großer Bedeutung sein und wahrscheinlich bei dem weiteren starkstrommäßigen Ausbau der Länder noch an Wichtigkeit zunehmen. Nur die gemeinsame Zusammenarbeit, Rücksichtnahme und Verständnis auf beiden Seiten können die im Rahmen der gesamten Elektrotechnik zweckmäßigste Lösung bringen.

Zusammenfassung

Die Spanne der elektrischen Leistung zwischen den Höchst- und Niedrigstwerten einer fernmeldetechnischen Übertragung ist allmählich immer größer geworden. Wenn anfänglich Verhältniszahlen zwischen diesen beiden Werten von etwa 1 : 20 anzutreffen sind, so sind später Leistungsunterschiede in der Größenordnung von 10^5, bei Funkübertragungen sogar von 10^{12} aufgetreten. In der neuzeitlichen Breitbandtechnik ist allerdings ein Bestreben erkennbar, zum Herabsetzen nichtlinearer Verzerrungen und damit der Geräuschspannungen die Felddämpfungen zu verkleinern.

Auch die zeitlichen Schwankungen der Leistung sind bei Fernmeldeübertragungen recht erheblich; sie verdienen besondere Aufmerksamkeit bei den neuzeitlichen Mehrfachverbindungen mit gemeinsamen Verstärkern und den hochwertigen Übertragungen, bei denen auf die Natürlichkeit der Wiedergabe Wert gelegt wird.

Fremdenergien in fernmeldetechnischen Übertragungskreisen können von solchen gleicher Art durch Nebensprechen herrühren oder auf starkstromtechnischen Einflüssen beruhen. Das Nebensprechproblem ist im Zusammenhang mit der Größe der möglichen Pegelspanne von Bedeutung und bestimmt vielfach den Einsatz von Verstärkern und die Reichweite von Verbindungen. Die Starkstrombeeinflussung ist für die Mehrzahl aller praktischen Fernmeldeverbindungen nach wie vor sehr zu beachten.

Aus dem Schrifttum

[1] H. Schulz, Europ. Fernsprechdienst (1934) H. 27, S. 229.
[2] O. H. Groos, Jb. elektr. Fernmeldewes. (1939) S. 317.
[3] F. Gladenbeck, Jb. elektr. Fernmeldewes. (1938) S. 23.
[4] W. Weinitschke, Elektr. Nachr.-Techn. 7 (1930) S. 141.
[5] F. Lüschen u. K. Küpfmüller, Jb. elektr. Fernmeldewes. (1937) S. 1.
[6] A. E. Ebeling u. K. Küpfmüller, Europ. Fernsprechdienst (1931) H. 21, S. 27.
[7] K. W. Wagner u. U. Meyer, Europ. Fernsprechdienst (1929) H. 11, S. 10.
[8] F. Strecker u. E. Hölzler, Telefunkenztg. 20 (1939) Nr. 80, S. 63.
[9] G. Wuckel, Jb. elektr. Fernmeldewes. (1937) S. 380.
[10] H. F. Mayer u. D. Thierbach, Europ. Fernsprechdienst (1938) H. 48, S. 6.
[11] F. Strecker, Z. techn. Phys. 11 (1930) S. 568.
[12] H. Ribbeck, Jb. elektr. Fernmeldewes. (1937) S. 190.
[13] G. v. Susani u. H. Haselhorst, Europ. Fernsprechdienst (1940) H. 54, S. 19.
[14] K. Herz u. G. Plenger, Jb. elektr. Fernmeldewes. (1938) S. 87.
[15] F. Gladenbeck u. W. Waldow, Jb. elektr. Fernmeldewes. (1937) S. 342.
[16] W. Waldow u. E. Buchmann, Jb. elektr. Fernmeldewes. (1939) S. 243.
[17] W. Wild, Europ. Fernsprechdienst (1938) H. 48, S. 40.
[18] W. Wild u. H. Ochem, Europ. Fernsprechdienst (1940) H. 56, S. 186.

Bodenuntersuchung und Erdungsmessung

(Mitteilung aus dem Wernerwerk für Meßtechnik der Siemens & Halske AG)

Von P. M. Pflier VDE und B. Marsch, Berlin

DK 621.316.99 : 621.317.39

Übersicht. Im ersten Abschnitt wird gezeigt, daß die elektrischen Eigenschaften der oberen Bodenschichten in erster Linie von ihrer Wasserführung bestimmt werden, die Suche nach geeigneten Erdungsstellen also mit der Suche nach Wasser identisch ist; die Frage der Blitznester wird gestreift. Anschließend werden die verschiedenen Erderformen besprochen und die Gleichungen für den Ausbreitungswiderstand der bevorzugten Formen zusammengestellt. Den Aufgaben und Eigenschaften der Erder, insbesondere ihrem Verhalten gegenüber Blitzströmen, ist der nächste Abschnitt gewidmet, in dem gezeigt wird, daß die mit schwachen Niederfrequenzströmen gemessenen Erdungswiderstände brauchbare Werte darstellen und weder Hochfrequenz- noch Stoßstrommessungen für die Anlage und Überwachung von Erdungen erforderlich sind. Die folgenden Abschnitte beschäftigen sich mit den Verfahren der Bodenuntersuchung und Erdungsmessung und geben praktische Hinweise für die Durchführung dieser Messungen bei schwierigen Verhältnissen sowie einige interessante Beispiele.

1. Anlage und Aufgaben der Erdung

a. Aufbau und Leitfähigkeit der Erdkruste

Nur an wenigen Stellen der Erdrinde tritt das ursprüngliche Gestein offen und unverändert zutage, gewöhnlich ist es unter einer Verwitterungsdecke wie unter einem chaotischen Trümmerhaufen verborgen, innerhalb dessen von einer bestimmten Tektonik nicht mehr gesprochen werden kann. In diesem Scherbenhaufen endet die Mehrzahl der Erdungsanlagen. In trockenem Zustand ist die Leitfähigkeit dieser Verwitterungsprodukte und Aufschwemmungen aus wechselnden Anteilen von Sand, Ton und Kalk gering und nahezu unabhängig von ihrer Zusammensetzung; sie werden erst durch Auffüllen ihres Porenvolumens mit Wasser zu Halbleitern, und ihre Leitfähigkeit ist somit in erster Linie durch die Wasserführung bestimmt. Bis zu 22 % Wassergehalt

nimmt der Widerstand mit wachsender Durchfeuchtung stark ab, bei weiterer Wasseraufnahme ändert er sich nur noch wenig. Die normale Bodenfeuchtigkeit oberhalb des Grundwasserspiegels liegt in der trockenen Jahreszeit bei 10 % und kann in der nassen Jahreszeit 35 % erreichen. Der Mittelwert wurde in den V. S. Amerika zu 16 bis 18 % festgestellt[1]). Der spezifische Bodenwiderstand ist also durch das Porenvolumen und durch die Leitfähigkeit des Grundwassers in erster Linie bestimmt; er liegt zwischen $1 \cdot 10^3$ und $1 \cdot 10^6\ \Omega \cdot$cm und wurde in den V. S. Amerika im Mittel zu $2 \cdot 10^3$ bis $5 \cdot 10^3\ \Omega \cdot$cm bestimmt. Die Dielektrizitätskonstante der am häufigsten vorkommenden Böden liegt zwischen 5 und 8, der Mittelwert ist 6. Die höchste Leitfähigkeit haben stark poröse Schichten in stehendem Grundwasser, das reichlich Salze aus dem Boden aufgenommen hat. Fließendes Grundwasser laugt dagegen den Boden allmählich aus und führt zu höheren Bodenwiderständen. Erder in Flußbetten mit reinem Wasser, insbesondere in schmelzwasserführenden Gebirgsflüssen, weisen deshalb oft einen hohen Widerstand auf.

Der Temperaturkoeffizient des spezifischen Bodenwiderstandes ist negativ und beträgt bei 21 ° etwa 9 %/° C; unterhalb des Gefrierpunktes nimmt der Temperaturkoeffizient stark zu, und der Bodenwiderstand steigt bei tiefen Temperaturen auf hohe Werte. Die Erder müssen deshalb bis unterhalb der Gefriertiefe des Bodens niedergebracht werden; in Gegenden mit strengen Wintern ist dies 1,5 bis 2 m. Erder innerhalb der Bodenfrostzone weisen große Jahresschwankungen auf, und auch bei tiefer eingetriebenen Erdern schwankt der Widerstand mit der Bodentemperatur, da die gefrorene obere Bodenschicht mit ihrem hohen Widerstand den Erder gewissermaßen verkürzt. In Gegenden mit gleichmäßigem Klima steigt der Erdungswiderstand im Laufe des Jahres auf das 1,6- bis 1,8fache des Mindestwertes, in Gegenden mit starkem Klimawechsel können die Höchstwerte ein Mehrfaches der Mindestwerte erreichen. Für eine möglichst große Tiefe der Erdung sprechen demnach die größere Berührungsfläche, der höhere Wassergehalt und die geringeren Temperaturschwankungen. Die Erdungsstelle ist bei gleichmäßiger geologischer Beschaffenheit des Untergrundes gleichgültig.

In gebirgigem oder sonstwie geologisch bewegtem Gelände kann jedoch die Verwitterungsdecke nicht mehr als gleichmäßig angesehen werden, sei es, daß geologische Leiter abweichender Leitfähigkeit offen zutage treten oder so dicht an die Erdoberfläche heranführen, daß sich auch für die Oberflächenbetrachtung erhebliche Leitfähigkeitsunterschiede ergeben, sei es, daß eine oberflächennahe Felsbarre den darüber liegenden gutleitenden Boden völlig von der übrigen Erde isoliert oder daß massive Felsschichten geringer Porosität und entsprechend geringer Leitfähigkeit mit wasserführenden, gutleitenden Spalten, Verwerfungen, Rinnen und Klüften wechseln. In solchen Fällen sind die geologischen Verhältnisse des Untergrundes nicht nur bei der Wahl der Erdungsstelle, sondern bereits beim Errichten der Anlage zu berücksichtigen, um die vom Blitz bevorzugten Stellen zu vermeiden. Der Erder muß auch in solchem Gelände bis in eine gut leitende Schicht geführt werden. Die Suche nach geeigneten Erdungsstellen ist also bei homogenem und inhomogenem Untergrund gleichbedeutend mit der Suche nach Wasser, nur ist in einem Fall die Tiefe des Grundwasserspiegels, im anderen Fall die Lage und Tiefe einer wasserführenden Schicht zu ermitteln. Schlechte Wahl des Erdungspunktes oder ungeeignete Ausführung der Erdung kann in beiden Fällen schwere Betriebsstörungen und Gefahr für Leben und Eigentum durch Abspringen des Blitzes vom Schutzerder nach anderen Anlageteilen zur Folge haben. Das Abspringen des Blitzes kommt stets dadurch zustande, daß sich für den Potentialausgleich ein Weg geringeren Widerstandes als die Erdungsanlage findet, was im homogenen Gelände durch zu hohen Erdungswiderstand, in ungleichmäßigem Gelände durch eine geologische Anomalie zustande kommen kann. Das Bevorzugen geologischer Anomalien des Untergrundes durch den Blitz wird durch verschiedene Untersuchungen bestätigt; die physikalischen Deutungen weichen jedoch stark voneinander ab.

Nach französischen, in den Pyrenäen durchgeführten Messungen[2]) weist über den vom Blitz bevorzugten Stellen die Luft eine höhere Leitfähigkeit auf als über selten vom Blitz getroffenen. Die bevorzugten Einschlagstellen liegen über Schiefer-, Granit- und Ophitegesteinen[3]) sowie längs der Trennlinien zweier geologischer Formationen, woraus sich die häufigen Blitzschläge auf Pässen, in Talgründen und an Quellen zwanglos erklären. Dagegen wurden massive Kalkgesteine selten vom Blitz getroffen. Die Einschlagstelle wird nach diesen Messungen nicht von der Leitfähigkeit des Bodens, sondern ausschließlich von der Leitfähigkeit der Luft über dem Boden bestimmt, und die Leitfähigkeit des Bodens ist nur für die Güte der Erdung von Bedeutung. Aus Messungen im Sudetenland wird von anderer Seite bestätigt[4]), daß unter sonst gleichen Verhältnissen die geologische Struktur des Untergrundes für die Einschlagstelle entscheidend ist und Blitznester über zerklüftetem, spaltendurchzogenem Boden, über zutage ausgehenden, gut leitenden Vorkommen und geoelektrischen Unregelmäßigkeiten entstehen, dagegen konnte kein Einfluß von Wasseradern festgestellt werden. Eine dritte, am Nordhang des Erzgebirges durchgeführte Arbeit[5]) beschäftigt sich mit einem Berggelände aus Phyllitschiefer mit schwacher Humusdecke. Der Schiefer des Untergrundes ist von zahlreichen, mit Quarz- oder Quarz-Schiefer-Stücken gefüllten Spalten durchzogen. Der Grundwasserspiegel liegt 4 bis 10 m tief. Dabei wurden ausgesprochene Blitznester festgestellt, für die die erhöhte Leitfähigkeit des Untergrundes und die Wasseradern verantwortlich gemacht werden.

Aus diesen und anderen Berichten mit anschließenden Erörterungen folgt das Vorhandensein von Blitznestern, deren Ursache zwar noch nicht völlig klar ist, die aber sicher mit Unregelmäßigkeiten des Untergrundes zusammenhängen. Sofern der Bauplatz einer Anlage oder die Führung einer Leitung frei gewählt werden kann, wird man also auf jeden Fall den Untergrund mit geoelektrischen Verfahren untersuchen und die Bauten an Stellen geringer Blitzgefährdung, die Erdungen dagegen an gut leitenden Stellen errichten. Die Untersuchung erstreckt sich auf Bodencharakter, Feuchtegehalt, Tiefe des Grundwassers und Vorhandensein von Schichten anomaler Leitfähigkeit. Ergänzend kann die Leitfähigkeit der Luft und das Potentialgefälle in Bodennähe festgestellt werden. Die Untersuchungen sind durch die Beobachtungen der Förster und Schäfer, die sich auch bei Gewittern im Freien aufhalten, zu ergänzen.

b. Baustoff und Form der Erder

Nach Ermitteln der günstigsten Erdungsstelle richtet sich die nächste Frage auf Baustoff und Form des Erders. Der Erderwerkstoff ist völlig unwichtig, vorzugsweise wird jedoch feuerverzinkter Stahl in Form von Rohren, Profileisen, Bändern oder Platten gewählt. Die Erderform und Größe richtet sich nach dem Gelände und dem höchstzulässigen Erdungswiderstand. Tiefenerder sind senkrechte Stab- oder Plattenerder, die bis ins Grundwasser reichen. Sind mehrere Stäbe oder Platten zum Erzielen eines hinreichend kleinen Ausbreitungswiderstandes erforderlich, so darf ihr gegenseitiger Abstand nicht so klein gewählt werden, daß der eine innerhalb der Sperrfläche des anderen liegt. Als Mindestabstand mehrerer Rohrerder ist die doppelte Erderlänge, als Mindest-

---

[1]) H. M. Towne, Lightning arrester grounds. Gen. Electr. Rev. 35 (1932) S. 173 u. 215.

[2]) M. C. Dauzère, La foudre et les lignes électriques. Bull. Soc. franç. Électr. 9 (1929) S. 575.

[3]) Ophite (Abart des Diabas) ist ein in den Pyrenäen häufiges eisenhaltiges Tonerdesilikat (Serpentin).

[4]) V. Fritsch, Nachweis von Blitznestern durch Rutengänger. ETZ 59 (1938) S. 1397.

[5]) G. Lehmann, Über die Ursachen der Häufung von Blitzeinschlägen an bestimmten Stellen von Hochspannungsleitungen. ETZ 53 (1932) S. 980.

abstand von Plattenerdern 5 m einzusetzen[6]). Der Ausbreitungswiderstand eines Erders ist proportional dem spezifischen Widerstand ϱ des Bodens und umgekehrt proportional der linearen Hauptabmessung des Erders. Ferner hängt er von der Erderform und seiner Einbautiefe unter der Oberfläche ab[7]). Bei Stab- und Banderdern ist also weniger der Querschnitt als die Länge maßgebend, bei Plattenerdern die Plattengröße. Mit den Buchstaben

- r Ausbreitungswiderstand (Ω),
- ϱ spezifischer Bodenwiderstand ($\Omega \cdot$ cm),
- t Einschlagtiefe beim Rohrerder, Eingrabetiefe bei Platten- und Banderdern (cm),
- d Rohr-Außendurchmesser beim Rohrerder, Plattendurchmesser beim Kreisplattenerder, Drahtdurchmesser beim Banderder (cm),
- l Länge des Banderders (m)

ergibt sich für den Ausbreitungswiderstand eines Rohrerders

$$r = \frac{\varrho}{2\pi t} \ln \frac{4t}{d} \; (\Omega).$$

Für die senkrecht eingegrabene Kreisplatte ergibt sich[8])

$$r = \frac{\varrho}{4d}\left(1 + \frac{2}{\pi} \arcsin \frac{d}{\sqrt{16\,t^2 + d^2}}\right).$$

Für eine sehr tief eingegrabene Kreisplatte mit $t = \infty$ folgt daraus:

$$r = \frac{\varrho}{4d}.$$

Oberflächenerder sind ½ bis 1 m tief eingegrabene und bis zu 50 m lange Stahlbänder oder Seile, die einzeln oder zu mehreren in Form von Strahlen, Ringen und Netzwerken angeordnet werden. Voraussetzung für die Verwendung von Oberflächenerdern ist ständige gute Durchfeuchtung der oberen Bodenschichten. Der Ausbreitungswiderstand eines t cm unter der Oberfläche liegenden Drahtes ist

$$r = \frac{\varrho}{2\pi l} \ln \frac{2l}{d}\left(1 + \frac{\ln \frac{l}{2t}}{\ln \frac{2l}{d}}\right).$$

Der Ausbreitungswiderstand eines t cm unter der Oberfläche liegenden Bandes von b cm Breite und geringer Dicke ist

$$r = \frac{\varrho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{b}\left(1 + \frac{\ln \frac{l}{2t}}{\ln \frac{4l}{b}}\right).$$

c. Die Aufgaben des Erders

Der Erder hat den Zweck, elektrische Ströme gefahrlos in den Boden überzuführen, und erden heißt, eine leitende Verbindung mit einem solchen Erder herstellen. Bei **Betriebserdungen** ist der Erdboden mit dem Betriebsstromkreis verbunden oder bildet sogar selbst einen Teil davon, und der Erder muß den geerdeten Punkt auf Erdpotential halten oder der Erde die Betriebsströme zuleiten. Die Betriebserdung ist notwendig für das betriebsmäßige Arbeiten der Anlage. Eine **Schutzerdung** ist dagegen die Erdung eines zu keinem Betriebsstromkreis gehörenden Anlagenteiles zum Schutz gegen zu hohe Berührungsspannung. Die Schutzerder kann man in Netz-Schutzerder und Blitzschutz-Erder unterteilen. Der Netz-Schutzerder soll bei Störungen der elektrischen Anlage, z. B. bei Körperschlüssen, das Auftreten von gefährlichen Spannungen an nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden Metallteilen verhindern; der Blitzschutz-Erder soll dagegen die durch Blitzschlag verursachten Stoßströme zur Erde ableiten. Da der Erder häufig beiden Zwecken dient, muß er sowohl zum Abführen von Netzströmen als auch von Stoßströmen geeignet sein, und Niederfrequenz- und Stoßwiderstand müssen so klein wie möglich gehalten werden. Reine Netz-Schutzerder sind die Erdungen an den Gehäusen elektrischer Geräte in Innenräumen, reine Blitzschutz-Erder die Blitzableiter in nichtelektrischen Anlagen; Erdungen an Freiluftanlagen, insbesondere an Freileitungsmasten, dienen beiden Zwecken. Betriebserder sind meist getrennt angelegt, sie dürfen mit dem Schutzerder vereinigt werden, wenn der betriebsmäßige Spannungsabfall an der Erdung unter 125 V liegt. Der Gesamtwiderstand der Erdungsanlage ist die Summe aus dem Widerstand der Erdleitung und dem Ausbreitungswiderstand. Der Ausbreitungswiderstand ist nach VDE 0141 § 3 und 4 der Widerstand zwischen dem Erder und dem Gebirgskörper und ist durch das Verhältnis der Erderspannung zum Erderstrom bestimmt. Als Erderspannung ist dabei die Potentialdifferenz zwischen dem Erder und einem außerhalb der Sperrfläche des Erders liegenden Punkt der Erdrinde zu verstehen, dem das Potential Null zugeschrieben werden kann. Die Sperrfläche des Erders ist der den Erder umgebende Teil der Erdoberfläche, innerhalb dessen der Erderstrom ein Potential gegen den Erdpunkt hervorruft. Ist der Boden homogen, so ist der Ausbreitungswiderstand nach allen Seiten gleich groß, und die Sperrfläche hat Kreisform. Im Schrifttum wird zuweilen unterschieden zwischen Widerstand der Zuleitung, Widerstand des Erders, Übergangswiderstand vom Erder zur Erde, Ausbreitungswiderstand in der Bettung des Erders, Ausbreitungswiderstand im gewachsenen Erdreich[1])[9]). Diese Unterteilung mag gelegentlich einmal von Interesse sein, hat aber keine praktische Bedeutung, da einerseits für die Beurteilung des Erders die Kenntnis des Ausbreitungswiderstandes genügt, anderseits die Teilwiderstände entweder vernachlässigbar klein sind oder mit den gebräuchlichen Verfahren und Geräten ohne Schwierigkeiten bestimmt werden können. Der ohmsche **Widerstand der Erdungszuleitung** ist vernachlässigbar klein; sie muß jedoch mit Rücksicht auf ihre Induktivität möglichst kurz und geradlinig verlegt sein. Lange Zuleitungen erhöhen den Stoßwiderstand und die Laufzeit für Wanderwellen und somit die Größe und Dauer der Isolationsbeanspruchung. Der Wellenwiderstand des Erdseils wird zu 250 bis 300 Ω angegeben[10]). Zur Verminderung der Zuleitungswiderstände wurde bereits vorgeschlagen, Erdseil und Erdleitung aus möglichst vielen dünnen Drähten herzustellen und gegebenenfalls an Stelle von Stahldrähten Kupfermanteldrähte zu verwenden, ferner vom Erdseil unmittelbar zum Erder eine Erdleitung parallel zum Mast zu verlegen, um den Mastwiderstand nach Möglichkeit herabzumindern[11]).

Ähnlich wie bei der Erdleitung liegen die Verhältnisse beim **Erder** selbst; während der ohmsche Widerstand vernachlässigbar ist, kann der Stoßwiderstand beträchtliche Werte annehmen und nähert sich mit zunehmender Steilheit der Wellenstirn dem Wellenwiderstand, den er um so früher erreicht, je geringer die Leitfähigkeit des umgebenden Bodens ist. Für den Wellenwiderstand eines Bodenseiles von 0,7 bis 1 cm Dmr. gibt V. Aigner[12]) bei einer Eingrabetiefe von 50 cm einen Wellenwiderstand von 124 bis 118 Ω an, der beim Verlegen in Wasser auf 40 bis 38 Ω sinkt.

Der **Übergangswiderstand vom Erder zum Erdboden** ist bei guter Berührung vernachlässigbar, insbesondere bei eingeschlagenen Rohrerdern.

---

[6]) Vorschriften für Erdungen in Wechselspannungsanlagen über 1 kV. VDE 0141/XII. 40, ETZ 62 (1941) H. 17, S. 373.

[7]) Die Ausbreitung der Luft- und Erdfelder um Hochspannungsleitungen, besonders bei Erd- und Kurzschlüssen. ETZ 46 (1925) S. 1342.

[8]) Erdströme. Verlag Jul. Springer, Berlin 1928.

[9]) V. Fritsch, Neuere Gesichtspunkte für die Messung von Blitzerden. Dtsch. Bergwerksztg. 30 (1940) S. 11. Die Anlage von Erdern und die Messung ihres Widerstandes. Elektr. Nachr.-Techn. 17 (1940) S. 77. Zur Frage des Widerstandes von Blitzableitererdern in gebirgigem Gelände. ETZ 61 (1940) S. 739. — W. Schrank, Die Berücksichtigung des Berührungsschutzes bei der Planung von Niederspannungsanlagen. ETZ 61 (1940) S. 925 u. 949.

[10]) G. Lehmann, Gewitterstörungen in Hochspannungsleitungen und ihre Bekämpfung durch gründliche Erdung. Diss. T. H. Dresden 1931.

[11]) Rziha u. Seidener, Starkstromtechnik, 5. Aufl., Bd. 1, S. 665. Berlin, Ernst & Sohn, 1921.

[12]) V. Aigner, Das Verhalten gestreckter Erder bei Stoßbeanspruchung. ETZ 54 (1933) S. 1233.

Bei Plattenerdern ist die Bettung sorgfältig einzustampfen oder einzuschwemmen. Rostbildung erhöht den Übergangswiderstand nicht, da das Eisenoxyd (Fe_2O_3) Wasser aufnimmt und keinesfalls einen höheren Widerstand als der Boden hat.

Der **Bettungswiderstand** bei Plattenerdern kann fast immer zum Ausbreitungswiderstand gerechnet werden; wo er besonders interessiert, läßt er sich mit gebräuchlichen Erdungsmessern durch Einsetzen der Sonde am Rand der Bettung ermitteln.

Der **Ausbreitungswiderstand** hängt vom spezifischen Bodenwiderstand ab und hat den Hauptanteil am Erdungswiderstand; er läßt sich durch Einbringen von Salz in den Boden verringern. Über das Verhalten des Ausbreitungswiderstandes bei Stoßbeanspruchung liegen deutsche und amerikanische Messungen vor[1]), [13]), [14]), [15]). Nach Towne nimmt der Bodenwiderstand mit wachsender Spannung ab, und die Strom-Spannungskennlinie stellt bei Stoßbeanspruchung eine ausgesprochene Schleife dar. Die Widerstandsabnahme wird durch Kontaktwiderstände erklärt, die zwischen den einzelnen gut leitenden Bodenteilchen liegen und bei höherer Spannung in der Nähe der Elektroden durchschlagen werden. Die Niederfrequenzwerte wurden mit 60 Hz und Strömen von 1 bis 4 A durch Strom- und Spannungsmessung ermittelt und waren vor und nach dem Stoßversuch gleich groß. Die Stoßwiderstandswerte wurden mit einer Stoßwelle gemäß Bild 1 und Stromscheitel-

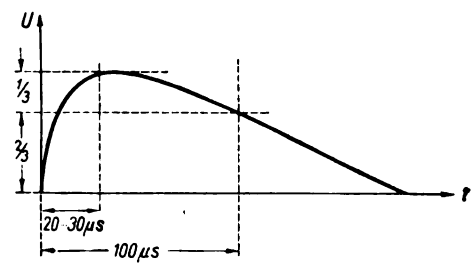


Bild 1. Form der Stoßwelle für die Versuche von Towne.

werten von 400 bis 800 A gemessen und betrugen beim Spannungsmaximum 38 bis 80 % der Niederfrequenzwerte. Die Erderzuleitung war ein Kabel mit 0,01 Ω Gleichstrom- und vernachlässigbarem Stoßwiderstand. Als Erder wurden Rohrerder verschiedener Länge verwendet. Der größte Unterschied zwischen Niederfrequenz- und Stoßwiderstand wurde bei Böden mit hohem Widerstand und entsprechend großem Spannungsabfall gefunden. Bei allen Bodenarten und allen Elektrodenformen mit oder ohne künstliche Salzgebung war der Bodenwiderstand für Stoßströme niedriger als für Niederfrequenzströme. Die Widerstandsabnahme war jedoch bei niederohmigen Erdern so klein, daß sie nicht in Rechnung gestellt werden muß. Nach diesen Messungen bestehen keine Bedenken, den Ausbreitungswiderstand auch von Blitzschutz-Erdern mit Niederfrequenz zu messen, da man schlimmstenfalls etwas zu hohe Erdungswiderstände erhält und diese Fehlmessung keine Gefahr herbeiführen kann. Zu demselben Ergebnis gelangen Norinder und Nordell, deren Untersuchung das Ziel hatte, festzustellen, ob die bei schwachen Strömen mittels einer Meßbrücke oder eines Ohmmeters gemessenen Werte des Erdungswiderstandes auch bei hohen Strömen als richtig angesehen werden können. Die Untersuchung wurde in verschiedenen Böden durchgeführt und ergab bei hohen Strömen bedeutend niedrigere Widerstandswerte als bei schwachen Strömen. Je nach der Art des Bodens sank der Widerstandswert auf 20 bis 60 %. Besonders auffallend war die Widerstandsabnahme bei Impulsströmen. Im Gegensatz dazu fanden H. Müller und L. Binder eine erhebliche und mit wachsender Steilheit der Wellenfront zunehmende Steigerung der Widerstandswerte bei Stoßbeanspruchung gegenüber den in einer Brückenschaltung gemessenen Niederfrequenzwerten, insbesondere bei räumlich wenig ausgedehnten Rohr- und Plattenerdern. Wir müssen demnach mit Erdungen induktiven und kapazitiven Charakters rechnen. Induktive Erdungswiderstände scheinen jedoch Ausnahmefälle zu sein, wenn ihr Verhalten nicht überhaupt auf die Induktivität der Erdleitung zurückzuführen ist. Ein induktiver Erder hat bei Gleichstrom und niederfrequentem Wechselstrom einen niedrigeren Erdungswiderstand als bei Stoßstrom und ist deshalb für das Ableiten von Blitzströmen wenig geeignet; er kann möglicherweise durch Ändern der Zuleitung verbessert werden. Als Ersatzschaltung für den kapazitiven Erder kann eine Parallel- oder Serienschaltung eines Widerstandes und einer Kapazität oder eine kompliziertere Reihen-Parallelschaltung von Kapazitäten und Widerständen gewählt werden. In jedem Fall ergibt sich mit steigender Frequenz ein verminderter Scheinwiderstand. Der kapazitive Erder ist also für das Ableiten von Blitzströmen geeignet.

Ob der Erder induktiven oder kapazitiven Charakter hat, läßt sich aus der Messung des Scheinwiderstandes mit zwei verschiedenen Frequenzen leicht ermitteln. Die Meßfrequenzen seien ω_1 und ω_2, die bei diesen Frequenzen gemessenen Scheinwiderstände z_1 und z_2; ferner sei $\omega_1 < \omega_2$. Dann ergeben sich für die untenstehenden Ersatzschaltbilder die Zusammenhänge nach Tafel 1.

Tafel 1. Hauptwerte verschiedener induktiver und kapazitiver Erder.

induktiver Erder	kapazitiver Erder	
	Reihenschaltung	Parallelschaltung
R L	R C	R C
$z_1 = R + j\,\omega_1\,L$	$z_1 = R + \frac{1}{j\,\omega_1\,C}$	$\frac{1}{z_1} = \frac{1}{R} + j\,\omega_1\,C$
$z_2 = R + j\,\omega_2\,L$	$z_2 = R + \frac{1}{j\,\omega_2\,C}$	$\frac{1}{z_2} = \frac{1}{R} + j\,\omega_2\,C$
$L = \sqrt{\frac{z_2^2 - z_1^2}{\omega_2^2 - \omega_1^2}}$	$C = \frac{1}{\omega_1\,\omega_2}\sqrt{\frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{z_1^2 - z_2^2}}$	$C = \frac{1}{z_1\,z_2}\sqrt{\frac{z_1^2 - z_2^2}{\omega_2^2 - \omega_1^2}}$

Ist $z_1 = z_2$, so hat der Erdungswiderstand die Eigenschaften eines rein ohmschen Widerstandes und ist unabhängig von der Frequenz bzw. der Steilheit des Erderstromes. Ist $z_1 < z_2$, so hat der Erder induktiven Charakter, und die Größe der Induktivität läßt sich aus der angegebenen Gleichung errechnen. Ein solcher Erder ist für die Abführung von hochfrequenten Strömen und Blitzströmen mit steilem Stromanstieg nicht geeignet. Ist $z_1 > z_2$, so hat der Erder kapazitiven Charakter und ist zum Abführen von Blitzstrom geeignet. Die wahre Größe der Kapazität kann allerdings aus der Messung der Scheinwiderstände nicht ermittelt werden, da man je nach Wahl des Ersatzschaltbildes verschiedene Werte von C erhält. Dies ist aber auch gar nicht nötig; vielmehr genügt die ermittelte scheinbare Kapazität, um das Verhalten des Erders gegenüber Stoßströmen zu beurteilen. Im allgemeinen ist es nicht einmal notwendig, die scheinbare Kapazität zu errechnen, da bereits die Feststellung des kapazitiven Charakters des Erders genügt.

Bisher wurde der Einfluß der großen Steilheit des Blitzstromes auf das Verhalten der Erdungsanlage be-

[13]) H. Baatz, Über den wirksamen Widerstand von Erdern be Stoßbeanspruchung. ETZ 59 (1938) S. 1263.

[14]) H. M. Towne, Impulse caracteristics of driven grounds. Gen. Electr. Rev. 31 (1928) S. 605. — H. Norinder u. R. Nordell, Impulswiderstand bei verschiedenen Erdarten. Teknisk Tidskrift, Elektroteknik 67 (1937) H. 5, S. 110. — H. Norinder, Indirekte Blitzüberspannungen auf Kraftleitungen. Teknisk Tidskrift, Elektroteknik 67 (1937) H. 3, S. 33.

[15]) H. Müller, Zur Frage des Erdungswiderstandes von Freileitungen und Stationen. Hescho-Mitt. (1933) H. 70, S. 2240. — L. Binder, Das Verhalten von Erdungsanordnungen bei Blitzschlägen. Bericht von der Sondertagung des Verbandes Sächsischer Elektrizitätswerke am 24. 10. 1932 in Dresden. S. 53.

trachtet; es ist nun noch zu prüfen, ob seine große Amplitude eine Änderung der Erdung herbeiführen kann. Auf die jahreszeitlichen Schwankungen des Grundwasserspiegels und ihren Einfluß auf den Erdungswiderstand wurde bereits eingangs hingewiesen. Außerdem interessiert nun noch, ob der Blitzstrom in der Lage ist, den Boden auszutrocknen und den Erdungswiderstand zu erhöhen. Die größte gemessene Blitzstromstärke beträgt über 200 kA und die größte gemessene Blitzdauer 20 ms. Die Stromspitze wird selbstverständlich nur während einiger µs erreicht, und der Strom fällt dann schnell ab, so daß der Mittelwert während der Gesamtblitzdauer ganz erheblich niedriger liegt. Nehmen wir den sehr hohen Erdungswiderstand von 50 Ω und während der ganzen Blitzdauer eine konstante Stromstärke von 10 kA an, so ergibt sich daraus eine Energie von 28 kWh. Das mag wohl vorübergehend unmittelbar am Erder zu einem Austrocknen führen; wenn die dadurch bewirkte Widerstandserhöhung wirksam wird; ist aber bereits der größte Teil des Blitzstromes abgeflossen. Das verdampfte Wasser wird sich dann an den kälter gebliebenen Bodenschichten wieder kondensieren und bereits nach kurzer Zeit den alten Zustand herstellen. Nach Towne vermag ein 3 m langer Rohrerder in feuchtem, mäßig mit Salzlösung behandeltem Boden eine Leistung von 5 bis 20 kW dauernd ohne Widerstandszunahme abzuführen, und das Austrocknen einer Erdung durch Blitzströme steht außerhalb jeder Wahrscheinlichkeit. *(Schluß folgt.)*

Quecksilberdampfstromrichter mit Zündstiftsteuerung

DK 621.314.65+.67

1. Quecksilberdampfgleichrichter mit flüssiger Kathode und Glühkahodengleichrichter

Beim Gleichrichten von Wechselströmen und für das Wechselrichten, Umrichten und Kurzzeitschalten von Wechselströmen, etwa zum Steuern von Widerstandsschweißmaschinen, haben sich zwei Arten von Gasentladungsgefäßen bewährt: das Quecksilberdampfentladungsgefäß mit flüssiger Kathode und die Glühkathodenentladungsröhre mit Dampf- oder Gasfüllung. Das Entladungsgefäß mit flüssiger Kathode wird bisher meist mehranodig ausgeführt. Das dürfte in erster Linie seinen Grund in der Notwendigkeit der dauernden Erregung der Kathode haben, die auch einanodig eine Hilfsentladungsstrecke erfordert. Das Glühkathodengefäß ist indessen meist einanodig. Diese letztere Form hat gewisse schaltungstechnische Vorteile, ist man doch bei mehrphasigem Betrieb nicht an das potentialmäßige Zusammenlegen der Kathoden gebunden. Sowohl die Mehranodigkeit als auch die mit der dauernden Erregung der Kathoden verbundenen Ionisierungs- und Dampfdruckverhältnisse im Quecksilberkathodengefäß stellen weiterhin gewisse Forderungen, die man zwar erfüllen kann, die aber gefäßtechnisch durch Rückwirken auf den Betrieb Erschwerungen darstellen. So sind beispielsweise die Grenzen des Dampfdruckes, innerhalb deren das Gefäß einwandfrei und mit günstigem Wirkungsgrad arbeitet, verhältnismäßig eng. Höhere Sperrspannungsfestigkeit oder die für die meisten der obengenannten Verwendungsarten erforderliche Gittersteuerung verschärfen die Bedingungen. Das Glühkathodengefäß mit Gas- oder Dampffüllung kennt diese Schwierigkeiten grundsätzlich nicht. Der Dampfdruck ist bei ihm weitgehend unabhängig von der Belastung; durch Regeln der zugeführten Heizleistung können stärkere Druckschwankungen außerdem leicht ausgeglichen werden. Da ferner während der Sperrphase keine Ionen im Entladungsraum vorhanden sind, ist die Sperrspannungsfestigkeit groß, die Gittersteuerung zuverlässig und der Aufbau verhältnismäßig einfach[1]). Darüber hinaus ist seine Form handlich, was Einbau und Auswechselung im Gerät begünstigt. Sein Nachteil gegenüber dem Quecksilberdampfentladungsgefäß ist seine leistungsmäßig beschränkte Kathode, die auch kurzzeitige Überlastungen nur in beschränktem Maße verträgt, wohingegen die Quecksilberkathode beliebig groß gemacht werden kann und durch hohe, dauernde Überlastungsfähigkeit und Unverwüstbarkeit ausgezeichnet ist.

Für manche Anwendungsgebiete ist es wünschenswert, ein Entladungsgefäß zu besitzen, daß die Vorteile der beiden genannten Gefäßarten miteinander verbindet. Ein solches praktisch brauchbares Gefäß liegt nun vor in dem bereits vor einigen Jahren in Amerika von J. Slepian und L. R. Ludwig[2]) vorgeschlagenen zündstiftgesteuerten Entladungsgefäß, das als Ignitron bezeichnet wird. Damit gelingt es, die Entladung in einem einanodigen Quecksilberdampfgefäß zu Beginn einer jeden Stromperiode zu zünden, so daß also während der Sperrhalbwelle keine Ladungsträger im Gefäß vorhanden sind. Durch zweckentsprechendes Kühlen ist weiterhin dafür gesorgt, daß der während der Entladung angestiegene Dampfdruck schnell wieder absinkt. Damit ist eine Anordnung der Anode unmittelbar gegenüber der Kathode, ein kleiner Dampfraum und ein einfacher Aufbau bei verhältnismäßig hoher Sperrspannungsfestigkeit und niedriger Brennspannung möglich. Gleichzeitig erübrigt sich eine Gittersteuerung, weil die Entladung jeweils im gewünschten Augenblick eingeleitet werden kann; die Dampfdruckgrenzen können deshalb weit auseinander liegen. Schließlich sind alle schaltungstechnischen Vorteile der Einanodigkeit und die Einfachheit des Einbaues und der Auswechselung in der Gleichrichteranordnung vorhanden.

Da das Zündstiftgefäß inzwischen technisch weitgehend durchgebildet ist und für die Praxis zunehmend an Bedeutung gewinnt, werden im folgenden physikalische Betrachtungen über das Prinzip angestellt und über einige inzwischen entwickelte Gefäße Einzelheiten mitgeteilt.

2. Zündverfahren für Quecksilberdampfgleichrichtergefäße

Das übliche Verfahren zum Einleiten der Entladung in Quecksilberdampfgleichrichtern mit flüssiger Kathode ist die sogenannte Tauchzündung, ein Vorgang, der dem gewöhnlichen Lichtbogenziehen zwischen festen Elektroden (Bogenlampe) verwandt ist. Dieser Vorgang könnte grundsätzlich benutzt werden, um z. B. bei 50periodigen Strömen fünfzigmal je s jede positive Halbwelle im Gleichrichter neu zu zünden, worauf die Entladung am Ende jeder dieser Halbwellen von selbst wieder löschen würde. Solchen mechanischen Vorrichtungen haften indessen allerlei unangenehme Eigenschaften an, so daß eine praktisch brauchbare Lösung bisher nicht bekannt geworden ist.

Eine frühzeitige, rein elektrische Lösung der Aufgabe stellt die von Cooper-Hewitt[3]) angegebene Anlaßbandzündung dar, bei der in der Nähe der Quecksilberoberfläche eine von dieser durch ein Dielektrikum getrennte Elektrode angeordnet ist. Ein auf diese Elektrode gegebener Spannungsstoß bewirkt einen kapazitiven Strom im Dielektrikum und damit ein Aufladen des durch den Quecksilbermeniskus gebildeten Spaltkondensators. Die Ladung vermag sich spontan zum Quecksilber hin auszugleichen, wodurch Ladungsträger gebildet werden, die die Hauptentladung einleiten. Es kommt dabei im wesentlichen auf eine steile Front des Spannungsstoßes an, um ein sicheres Zünden zu gewährleisten, so daß mit einer aperiodischen Schwingung mit steiler Front oder mit hohen Frequenzen und hohen Spannungen bei verhältnismäßig geringen Leistungen gearbeitet werden kann (Funkeninduktorprinzip). Dieses Verfahren hat beim Gleichrichtergefäß technisch bisher keine Bedeutung erlangt.

---

[1]) S. a. die Arbeiten von E. Arends u. O. Mohr über zündstiftgesteuerte Entladungsgefäße, AEG-Mitt. (1941) S. 81 u. 87.

[2]) J. Slepian u. L. R. Ludwig, Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 52 (1933) S. 693.

[3]) Cooper-Hewitt, DRP 169041 (1903); Oesterr. P. 14192 (1900).

Die Zündung ist nicht allzu sicher, die Beanspruchung des Dielektrikums außerdem groß. Elektrolytische Leitung, Verschmutzen der Wand mit Quecksilber u. a. beeinträchtigen die Arbeitsweise bei längerer Betriebsdauer sehr. Bei seltenen Zündungen indessen, z. B. bei Leuchtröhren, wird das Verfahren seit langem mit Erfolg verwendet. Andere Anordnungen, bei denen das Zünden durch Gleitfunken hervorgerufen werden soll[4]), haben bisher keine Verbreitung gefunden.

Das gleiche gilt für einige weitere Zündverfahren, die der Vollständigkeit halber angegeben werden sollen. Bei einem von K. Meyer[5]) vorgeschlagenen Verfahren wird durch einen Stromstoß ein freier Quecksilberfaden, der zum Kathodenquecksilber hin aufrechterhalten wird, plötzlich verdampft, so daß ein Abreißbogen entsteht. Weiterhin ist es möglich, die Zündung durch einen reinen Hochspannungsgasdurchschlag einzuleiten, wobei dafür Sorge zu tragen ist, daß entweder der Dampfdruck im Kolben nicht zu niedrig ist und die Länge der zu durchschlagenden Strecke möglichst günstig gewählt wird (Minimumfunkenspannung), oder daß gemäß einem Vorschlag von G. Dobke[5]) der Dampfdruck durch zusätzliches Heizen in der Nähe der Durchschlagstrecke günstig gestaltet wird.

Weitere Vorschläge betreffen das Zünden von Bogenentladungen an Quecksilberkathoden mit Anordnungen, die grundsätzlich der Tauchzündung ähnlich sind, jedoch festangeordnete, in das Kathodenmetall eintauchende Zündelektroden besitzen. Die Zündelektroden werden geheizt, so daß sich eine Gasschicht zwischen ihnen und dem Kathodenmetall aufbaut und die Entladung als Abreißbogen entsteht. Für wiederholtes Zünden kann der Zünder auch ständig geheizt werden, so daß sich an seiner Oberfläche eine turbulente Dampfströmung ausbildet (Leydenfrostsches Phänomen); erst im Zündaugenblick wird jeweils eine Spannung zwischen Zünder und Quecksilber angelegt[6]). Über die hier angeführten Zündverfahren hinaus gibt es noch eine Reihe von Vorschlägen, um mit Hilfe von auf die Kathode gerichteten Elektronenstrahlen oder ähnlicher Verfahren ein Erregen der Kathode zu erreichen; sie haben aber bisher nur wissenschaftlichen Charakter, praktische Anwendungen sind nicht bekannt geworden.

Die von Slepian und Ludwig[7]) vorgeschlagene Stiftzündung ist grundsätzlich mit der Anlaßbandzündung verwandt: Ein Widerstandsstäbchen taucht dauernd in das Kathodenmetall ein, ohne von diesem benetzt zu werden. Wird durch das Stäbchen ein Stromstoß genügender Größe geleitet, so bildet sich eine Stromlinien- und Potentialverteilung im Stift aus, die in Bild 1 schematisch dargestellt ist. An dem durch den Quecksilbermeniskus gebildeten Spalt entsteht offenbar durch das Zusammendrängen der Strom- und Spannungslinien die Entladung,

[4]) Brit. Patent 479824 (1937); deutsche Priorität (1936).

[5]) Die beiden Verfahren von K. Meyer und G. Dobke wurden mir freundlicherweise von den beiden Erfindern mitgeteilt.

[6]) Schweizer Patent Nr. 118103 (1925); DRP 451863 (1925); DRP 669618 (1936); DRP 687005 (1936).

[7]) Siehe Fußnote [2]).

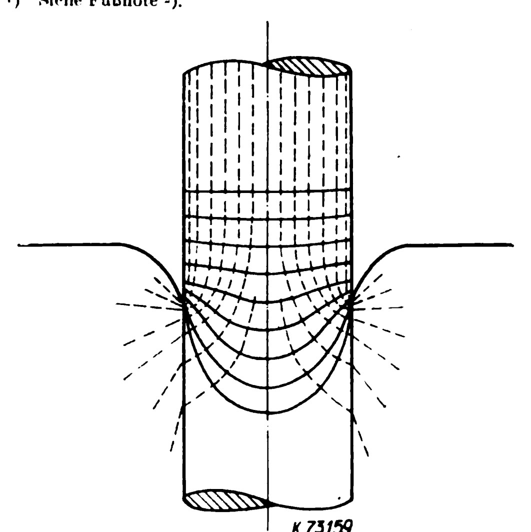


Bild 1. Strom- und Äquipotentiallinien in einem in Quecksilber eintauchenden Halbleiterstab.

die sofort zur Zündstiftzuführung überspringt, also einen kleinen Hilfsbogen ausbildet, der so lange stehen bleibt, wie ihm Energie zugeführt wird.

Der physikalische Vorgang beim Zünden ist bisher nicht ganz geklärt; Slepian und Ludwig vertreten die Ansicht, daß sich in dem Spalt zwischen Stift und Quecksilber eine so hohe elektrische Feldstärke ausbilden kann, daß ein Felddurchschlag zur Ladungsträgerbildung führt. Das würde indessen bedeuten, daß die Potentialverteilung allein maßgebend ist, daß also der spezifische Widerstand des Zünderwerkstoffes hoch gewählt werden kann, was jedoch im Widerspruch mit der Praxis steht. G. Mierdel[8]) hat versucht, eine thermische Erklärung zu geben, indem er den Wärmehaushalt des Vorganges an der Eintauchstelle des Zünders in das Kathodenmetall betrachtet und auf die Möglichkeit eines selbständigen Lichtbogenziehens durch gebildete Dampfbläschen geführt wird. Diese Vorstellung wird gestützt durch die oben angeführten Anordnungen mit geheizten Zündern.

Auf Grund eigener Beobachtungen erscheint die Annahme berechtigt, daß außer den genannten Vorgängen auch Gleitentladungen, ähnlich wie bei der Anlaßbandzündung, für den Zündmechanismus wichtig sind. An einigen längere Zeit in Betrieb gewesenen Widerstandszündern zeigten sich nämlich an der Eintauchstelle im Zündbereich Eingrabungen von mehreren Zehnteln mm Tiefe, die eine gewisse Ähnlichkeit mit den bei Gleitentladungen bekannten Bildern hatten. Man kann weiterhin feststellen, daß Zünder, die aus halbleitenden und aus isolierenden, feinpulverigen Werkstoffen gesintert sind, besonders günstige Zündung zeigen, wenn die Oberfläche an der Zündstelle die Isolierteilchen fein verteilt aufweist. Man könnte also annehmen, daß die Inseln sich aufladen und dann eine plötzliche Entladung erleiden. Anderseits ist zu beachten, daß die günstigeren Zündeigenschaften in diesem Falle allein auf die effektive Querschnittverminderung des Halbleiters, also auf eine dadurch bedingte günstige Spannungs- und Stromverteilung zurückgeführt werden können.

3. Technologie des Zündstiftes und Zündenergie

Die Tatsache, daß die genauen Vorgänge bei der Stiftzündung bisher nicht bekannt sind, wird verständlich, wenn man bedenkt, daß es sich bei den benutzten Zündstiften um Halbleiter handelt, die in ihrer Struktur recht undefiniert sind. Außer günstiger Zündeigenschaft muß nämlich eine Anzahl von Voraussetzungen bei ihnen erfüllt sein, die sie erst für den beabsichtigten Zweck geeignet machen. Neben einer genügenden mechanischen Festigkeit müssen sie die allgemein für das Arbeiten im Vakuum notwendigen Bedingungen erfüllen, vor allem aber chemisch und thermisch gegenüber Quecksilber und Lichtbogen beständig sein. Stoffe, die infolge von Elektrolyse oder Elektrophorese durch Quecksilber benetzt werden, sind unbrauchbar. Am günstigsten haben sich gesinterte Halbleiterstoffe auf der Basis der Metallkarbide mit beigemischten Isolierstoffen erwiesen, wobei diese wahrscheinlich elektrisch an der Zündung beteiligt sind, sicher aber den effektiven Querschnitt des Halbleiters an der Eintauchstelle verkleinern, den man aus mechanischen Gründen nicht beliebig vermindern kann. Selbstverständlich ist die Zündenergie um so geringer, je kleiner der Querschnitt der in das Kathodenquecksilber eintauchenden Zünderteile ist. Die Eintauchtiefe soll nicht zu klein sein, damit bei stärkerem Schwanken des Quecksilberspiegels immer noch eine genügend große Berührungsfläche zwischen Quecksilber und Stift vorhanden ist. Ist die Berührung nur noch punktförmig, so ist zwar die Zündenergie gering, infolge des schwankenden Hg-Spiegels tritt jedoch leicht eine Tauchzündung auf. Der Stift wird dabei an seiner Spitze stark aufgeheizt, und seine Benetzung ist unausbleiblich. Bei dem in Bild 2 dargestellten Zündstift beträgt der Durchmesser an der Eintauchstelle etwa 3 mm, seine Eintauchtiefe wird meist mit 10 bis 12 mm gewählt. Die Spitze hat eine hohlkonische Form, damit die notwendige Querschnittverminderung bei großer mechanischer Festigkeit erreicht wird und weil dadurch nach J. M. Cage[9]) die Zündverhältnisse von der

[8]) G. Mierdel, Wiss. Veröff. Siemens-Werk 15 (1936) S. 35.

[9]) J. M. Cage, Gen. Electr. Rev. 38 (1935) S. 464. In der Rechnung von Cage wird nicht berücksichtigt, daß der Übergangswiderstand Quecksilber-Halbleiter unbestimmt ist wegen der Rauhigkeit der Halbleiteroberfläche und vor allem wegen der notwendigen Bedingung, daß der Stift nicht benetzt werden darf (Ausbildung des Meniskus). Somit stellt die Rechnung nur eine Näherung dar.

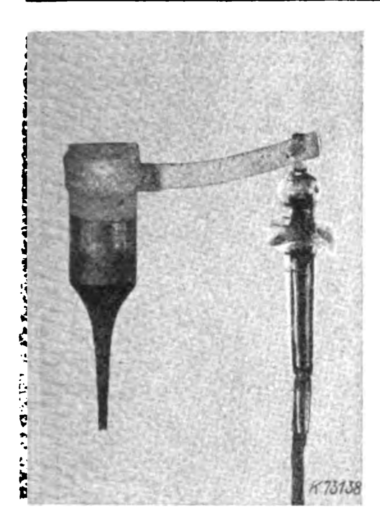
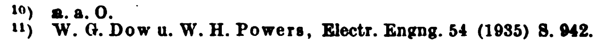


Bild 2. Zündstift mit Zuführungselektrode.

Eintauchtiefe unabhängig werden. Der aus dem Quecksilber herausragende Teil ist ziemlich dick und besteht größtenteils aus Graphit, der an den Halbleiter angesintert ist, um einen möglichst geringen Leistungsverlust und gleichzeitig niedrige Übergangswiderstände zum Halbleiter wie zur Elektrodenzuführung zu haben. Die zum Zünden notwendige mittlere Energie ist verhältnismäßig klein; sofern der Strom- bzw. Spannungsimpuls, der dem Zündstift zugeführt wird, genügend groß ist, wird innerhalb von einigen Mikrosekunden gezündet. Diese Zeit ist nicht etwa konstant, sondern unterliegt vielmehr statistischen Gesetzen, worauf bereits Slepian und Ludwig[10]) hingewiesen haben. Genaue Untersuchungen darüber sind von W. G. Dow und W. H. Powers[11]) vorgenommen. Theoretisch ergibt sich, daß sich Aussetzer, d. h. Zündversager, trotz zugeführter Zündleistung nicht ganz vermeiden lassen. Die Streuung um einen Mittelwert läßt sich aber durch Wahl genügend hoher Zündspannungen eng machen, so daß Aussetzer praktisch nicht auftreten. Bild 3 gibt eine Vorstellung von der Abhängigkeit der mittleren Zündverzögerung von der im Zündaugenblick am Zündstift vorhandenen Spannung. Noch am Ende der Zündverzögerung muß die minimale Zündspannung zur Verfügung stehen. Wird also beispielsweise, wie weiter unten noch näher ausgeführt werden soll, die Zündung durch stoßartiges Entladen eines Kondensators auf den Zündstift bewirkt, so muß das Absinken der Spannung infolge der Kondensatorentladung über den Stift vor dem Ausbilden des Bogens berücksichtigt werden. Der Widerstand der Zündstifte liegt wegen des negativen Temperaturkoeffizienten in der Größenordnung von einigen Ω. Da die Kapazität des Kondensators aus wirtschaftlichen Gründen nur einige μF beträgt und der Widerstand des Zündstiftes notwendigerweise nur gering ist, ist die Zeitkonstante des Zündkreises also ziemlich klein, so daß eine erheblich höhere Anfangsspannung des Kondensators gewählt werden muß, als die Spannung im Zündaugenblick mindestens betragen muß, wenn einwandfreies Zünden gewährleistet werden soll. Ist die Zündung des Gefäßes bewerkstelligt, so kann der Zündimpuls abklingen oder verschwinden.



[10]) a. a. O.
[11]) W. G. Dow u. W. H. Powers, Electr. Engng. 54 (1935) S. 942.

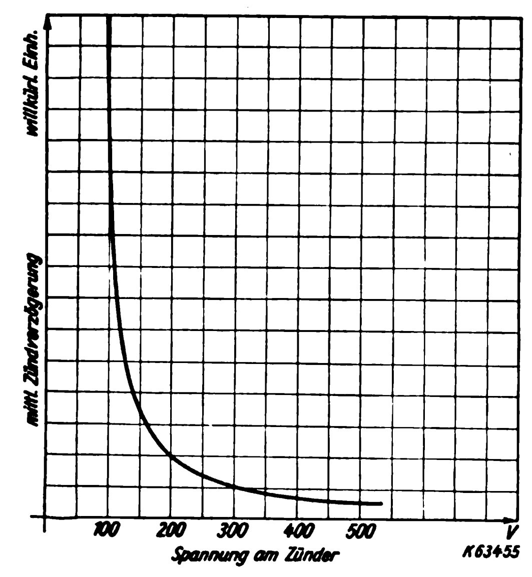


Bild 3. Zeitliche Verzögerung des Zündens nach dem Anlegen der Zündspannung an den Stift.

Ein möglichst hoher negativer Temperaturkoeffizient des Widerstandes hat sich als zweckmäßig für die Zündung erwiesen, was verständlich wird, wenn man beachtet, daß infolge der Erwärmung des freien Stiftteiles der Widerstand abnimmt und damit der Durchflußstrom erhöht wird. An der Eintauchstelle ist jedoch wegen der starken Kühlung die Widerstandsabnahme geringer, der Spannungsabfall an dieser für den Zündvorgang entscheidenden Stelle also besonders groß. Aus dem gleichen Grunde benötigen auch kalte Stifte eine höhere Zündenergie.

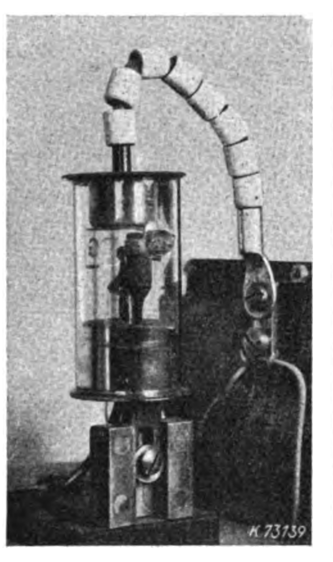
4. Ausgeführte Gefäße

Im folgenden werden einige Einzelheiten über die technischen Ausführungsformen pumpenloser Zündstiftgefäße mitgeteilt, die vornehmlich entwickelt wurden, um als Kurzzeitschalter für Schweißmaschinen verwendet zu werden. Gerade auf diesem Gebiet sind die Vorteile der Zündstiftgefäße groß, müssen doch dort hohe Spitzenströme bei verhältnismäßig kleinen Mittelwerten bewältigt werden. Bild 4a und b zeigt Teilansichten von Geräten mit verschiedenen Gefäßen; die Hauptwerte sind in Tafel 1 zusammengefaßt.

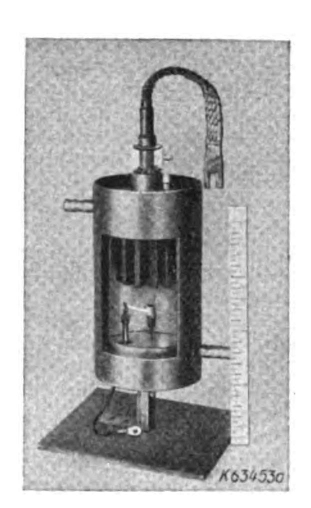
Tafel 1. Hauptwerte ausgeführter Zündstiftgefäße.

Sperrspannung bis [V]	1000	1000	1000
Art der Kühlung	Luftkühlung	verstärkte Luftkühlung	Wasserkühlung
Spitzenstrom [A]	100	1000	2500
mittlerer Gleichstrom [A]	1	30	100

Das kleinste Gefäß besteht aus Glas (Bild 4a), die größeren aus Metall, vornehmlich aus Eisen. Die Elek-



a



c

b

Bild 4a u. b. Verschiedene zündstiftgesteuerte Entladungsgefäße für Kurzzeitschaltgeräte.

Bild 4c. Schnittbild eines wassergekühlten Gefäßes. (Maßstablänge 20 cm)

trodeneinführungen werden in bekannter Weise als Fernico-Glasanschmelzungen in Kappenform ausgeführt. Die Stifte werden isoliert und vakuumdicht durch Gefäßboden und Kathodenquecksilber zugeführt. Das Gefäß mittlerer Leistung (Bild 4 b) hat einen losen Aufsatz erhalten, um die Glaseinschmelzung der Anode vor dem Kühlluftstrom des Lüfters zu schützen, damit sich an der Isolierstrecke kein Kurzschluß durch Quecksilberdampf ausbildet. Das größere Gefäß ist als Doppelmantelgefäß für Wasserkühlung geeignet (Bild 4 c). Zum Schutz des Stiftes gegen Quecksilberschlag wird unterhalb der Quecksilberoberfläche ein Metallring angebracht, der die Entladung selbst in keiner Weise stört, die gegen mechanische Beanspruchung empfindliche Zündspitze jedoch schützt.

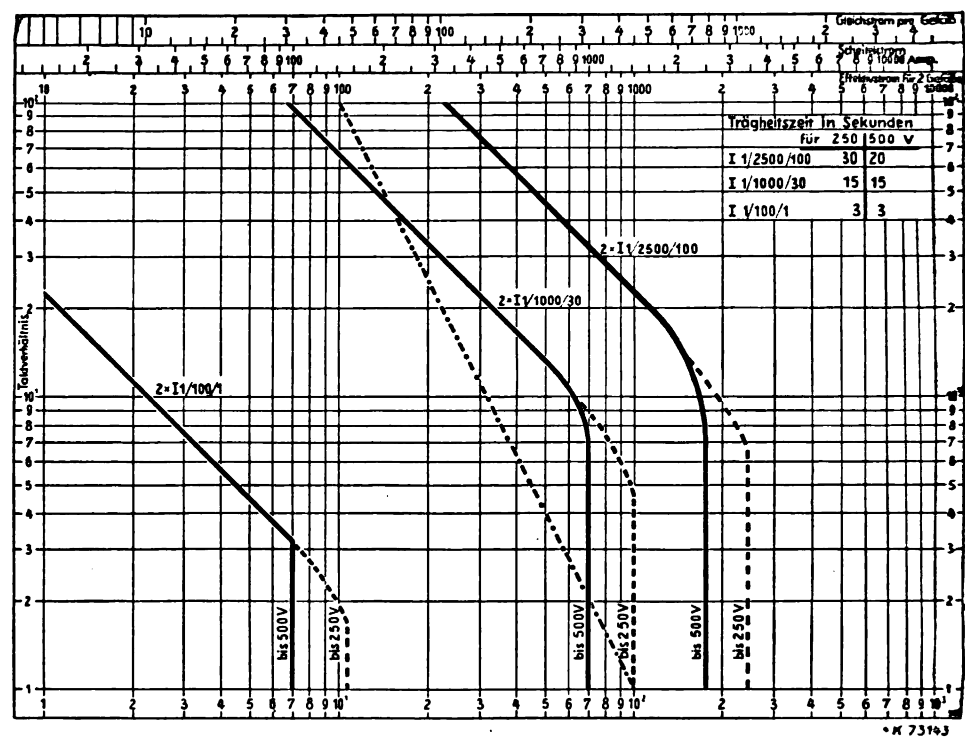


Bild 5. Zulässige Belastung von Zündstiftgefäßen, aufgetragen für zwei gegensinnig parallelgeschaltete Gefäße bei voller Aussteuerung des Wechselstromes. Die Gleichstromwerte beziehen sich auf ein Gefäß, die Effektivwerte auf zwei Gefäße. (Taktverhältnis in %)

Um das betriebliche Verhalten der Gefäße bei aussetzendem Betrieb, wie bei der Kurzzeitschaltung von Schweißmaschinen, anzugeben, sind in Bild 5 die zulässigen Belastungsgrenzen für je zwei Gefäße in Antiparallelschaltung mit dem Taktverhältnis aufgetragen[12]), worunter der Quotient aus wirklicher Arbeitszeit und Gesamtzeit des Arbeitsspiels (Stromdauer + Pause) verstanden wird. Die Gesamtzeit ist höchstens gleich einer auf der thermischen Trägheit der Gefäße beruhenden Trägheitszeit zu setzen; sie ist in Bild 5 mit eingetragen. Ist das Arbeitsspiel von kürzerer Dauer als die Trägheitszeit, so muß über das Arbeitsspiel gemittelt werden.

Der Spannungsabfall aller drei Röhren ist etwa 10 bis 14 V und weitgehend unabhängig von der Belastung. Dementsprechend ist der lineare Mittelwert des Stromes die die Erwärmung des Gefäßes bestimmende Größe, während der Effektivwert von untergeordneter Bedeutung ist. Erst bei hohen Belastungen, also auch bei hohen Spitzenwerten, macht sich der ohmsche Widerstand der Elektroden und vielleicht ein Steigen des Anodenfalles bemerkbar. Die in Bild 5 angegebenen Ströme sind aus der zulässigen höchsten Gleichstrombelastung entsprechend Tafel 1 unter Zugrundelegen von rein sinusförmigem Strom mit lückenloser Aufeinanderfolge der Halbwellen berechnet. Bei nicht sinusförmigem Strom sind höhere Effektivwerte, als aus der Kurve ablesbar sind, zulässig; trotzdem sollen die abgelesenen Werte aus Sicherheitsgründen nicht überschritten werden. Die Krümmung der Kurven in Bild 5 trägt der Tatsache Rechnung, daß bei hohen Strömen die Rückzündungsgefahr infolge des schnellen Dampfdruckanstieges wächst, so daß es vorteilhaft erscheint, die mittlere Gleichstrombelastung bei höheren Spitzenbelastungen abzusenken. In jedem Fall ist die Gleichstromgrenze entsprechend Tafel 1 unbedingt eine Höchstgrenze. In Bild 5 ist fernerhin als Beispiel die höchstzulässige Belastungsgrenze für einen äußeren Anodenkreis (Last) strichpunktiert eingetragen. Im Gegensatz zu den Gefäßbelastungsgrenzen ist hierbei der effektive Mittelwert zu bilden, so daß sich eine quadratische Abhängigkeit vom Taktverhältnis ergibt. Man kann sofort aus der Darstellung erkennen, wie weit jeweils eine vollständige Ausnutzung der im Anodenkreis angeschlossenen Geräte zulässig ist bzw. welche Gefäße für eine vorgegebene Einrichtung und für bestimmte Arbeitsverhältnisse erforderlich sind.

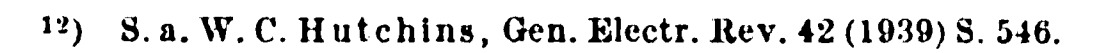
5. Zündschaltungen

Die Grundbedingungen zum Erreichen einer einwandfreien Zündung der Gefäße sind oben ausführlich dargestellt. Hinzu kommt, daß es zweckmäßig ist, die Zündimpulse immer nur in einer Richtung zuzuführen, so daß also die Quecksilberkathode niemals positiv gegenüber dem Stift wird. Schon eine geringe Spannung von wenigen V in umgekehrter Richtung hat ein Benetzen des Stiftes durch das Quecksilber und damit Zündaussetzer zur Folge. Zwar kann man, worauf Mierdel[13]) bereits hinweist, das Benetzen dadurch rückgängig machen, daß man den Stift kurzzeitig durch Stromdurchfluß ausheizt; indessen neigt ein einmal benetzt gewesener Stift leicht zu neuer Benetzung. Die Zündimpulse können im übrigen meistens vorteilhaft so gestaltet werden, daß ein leichtes Aufheizen des Zündstiftes zwangläufig stattfindet, was die auch bei eindeutiger Richtung der Zündströme mögliche Benetzungsgefahr beseitigt.

Ist die Zündung einmal eingeleitet, so tritt eine Entladung parallel zum Zündstift auf; der Strom würde je nach Spannungskurvenform der speisenden Stromquelle über alle Grenzen wachsen, wenn kein Vorwiderstand im Zündkreis vorhanden wäre. Ein solcher bietet ferner den Vorteil, daß keine Schwingungen im Zündkreis entstehen, der Hilfsbogen über den Stift also nicht wieder abreißen kann, bevor die Entladung zur Hauptanode herüberspringen kann. Anderseits bedingt ein solcher Widerstand Verluste im Zündkreis, weswegen er je nach vorhandener Zündspannungsquelle nur einige Ohm betragen sollte.

Berücksichtigt man schließlich, daß die Belastung des Zündkreises im allgemeinen gering sein soll, daß also der Zündimpuls möglichst nicht länger dauern soll, als bis die Hauptentladung gezündet ist, so werden nunmehr alle Zündschaltungen, die selbstverständlich je nach Verwendungszweck verschiedener Art sein können, ohne weiteres verständlich sein. Sie lassen sich alle auf zwei Grundarten zurückführen: Entweder wird der Zündimpuls bei Fremdzündung aus fremden Spannungsquellen zugeführt oder aus der Anodenspannung unmittelbar abgeleitet. Im zweiten Fall ergibt sich ein selbsttätiges Entlasten des Zündkreises im Zündaugenblick, was im ersten Fall nur durch gewisse Kunstgriffe erreicht werden kann.

Ein einfaches Verfahren der Fremdzündung wäre z. B. das Zuführen von Gleichstromimpulsen aus einer Gleichspannungsquelle über mechanische Kontakte, die Stromeinsatz und Dauer bestimmen würden. Solche mechanischen Einrichtungen sind indessen unbrauchbar, weil


[12]) S. a. W. C. Hutchins, Gen. Electr. Rev. 42 (1939) S. 546.

[13]) Siehe Fußnote 8.

damit hohe Einschaltströme bewältigt werden müßten. Deshalb verwendet man besser gittergesteuerte Stromrichter in Verbindung mit Wechselspannung. So gibt man beispielsweise die letzten 30° der positiven Halbwelle einer zur Anodenspannung des Gefäßes synchronen und entsprechend dem Zündwinkel phasenverschobenen Wechselspannungsquelle über ein Thyratron, das die erforderlichen Stromspitzen verträgt, auf den Zündstift. Andere Möglichkeiten zum Verkürzen des Stromimpulses bieten übersättigte Transformatoren oder vormagnetisierte Drosseln. Eine weitere Schaltung ist in Bild 6 dargestellt; es ist das Verfahren der Kondensatorstoßzündung, bei der ein aufgeladener Kondensator im gewünschten Zeitpunkt über den Stift entladen wird. Bei genügend hoher Zündspannung geschieht die Zündung mit dieser Anordnung sehr genau. Anderseits ist die Beanspruchung des Zündstiftes infolge der steilen Front des Zündimpulses am größten, die aufzuwendende Zündenergie hingegen bei günstiger Bemessung der Schaltmittel recht klein.

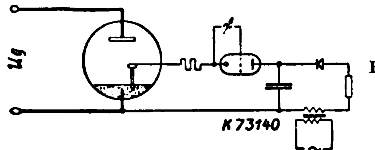


Bild 6. Zündschaltung für eine Kondensatorstoßzündung.

Ein Beispiel für die zweite Grundart von Zündschaltungen, angewendet auf zwei Gefäße in Antiparallelschaltung, ist in Bild 7a angeführt. Sie wird bei Schweißmaschinensteuerungen weitgehend verwendet. Die Spannung der Anode des Gefäßes wird über ein Gleichrichterglied, das zum Steuern des Zeitpunktes z. B. als Thyratron ausgebildet sein kann oder mit einem mechanischen Schalter zusammenarbeitet, im gewünschten Zündaugenblick an den Zünder geführt. Ist die Zündung eingeleitet, so schließt der Hauptbogen den Zündkreis kurz, der Stift wird selbsttätig entlastet. Voraussetzung bei dieser Zündart ist jedoch, daß die Anode im Zündaugenblick eine genügend hohe positive Spannung gegenüber der Kathode besitzt, da andernfalls eine große Zündverzögerung und ein starkes thermisches Überlasten des Stiftes eintritt, was zu seiner Zerstörung führen kann. Diese Schaltung ist also nur bei induktiver Last und bei rein ohmscher Last mit einem genügend verspäteten Anschnitt der Anodenspannungshalbwelle anwendbar. Dann ist sie aber recht zuverlässig, da die Zündverzögerung immer dafür sorgt, daß der Zünder seine günstigsten thermischen Arbeitsbedingungen hat. Die Genauigkeit der Zündung reicht bei Betrieb mit nicht zu niedrigen Spannungen vollauf aus. Die Stromspannungsverhältnisse der in Bild 7a gezeichneten Schaltung zeigt Bild 7b.

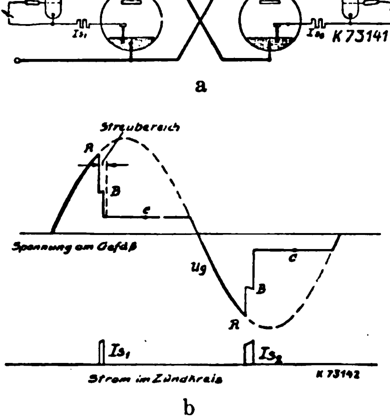


Bild 7a. Grundsätzliche Schaltung.

Bild 7b. Spannungsverlauf an den Gefäßen und Stromverlauf in den Zündkreisen.

Bild 7. Entnahme der Zündenergie aus dem Hauptkreis einer mit zwei Zündstiftgefäßen versehenen Wechselstromschalteinrichtung.

Die Genauigkeit der Stiftzündung ist für viele Zwecke als ausreichend anzusprechen, wenn es auch nicht möglich erscheint, eine so hohe Präzision wie bei der Gittersteuerung von Gasentladungen zu erreichen. Das ist nicht verwunderlich, wenn man die beiden Zündvorgänge der Gitter- und Zündstiftsteuerung miteinander vergleicht. Das zündstiftgesteuerte Entladungsgefäß wird also keineswegs die Entladungsgefäße mit Gittersteuerung verdrängen können. Vielleicht wird eine bereits vorgeschlagene Synthese der beiden Verfahren sich einmal durchsetzen, wenn hohe Leistungen mit großer Genauigkeit geschaltet werden müssen. Enno Arends, Berlin

---

Der Elektromaschinenbau in der Sowjetunion

DK 621.312 (47)

Vor dem Weltkrieg beschränkte sich in der Sowjetunion die Herstellung elektrischer Maschinen[1]) auf kleinere Einheiten, wobei vielfach aus dem Auslande bezogene Teile verwendet und insgesamt nur etwa 50% des damals noch verhältnismäßig geringen Bedarfes durch einheimische Erzeugung gedeckt wurden. Nach der bolschewistischen Revolution trat dann anfänglich ein vollkommener Stillstand ein. Seit 1924 wurde jedoch die Elektroindustrie ausgebaut[2]).

Elektrische Maschinen werden heute in Rußland hauptsächlich von zwei großen Werken gebaut: von der „Elektrossila" in Leningrad und vom Charkower elektromechanischen Werk. Außerdem ist das Moskauer Transformatorenwerk zu nennen. Die ersten sieben Turbogeneratoren mit einer Leistung von zusammen 10 250 kW wurden 1924 gebaut. 1931 stieg die Erzeugung auf über 100 Stück mit einer Gesamtleistung von rd. 1½ Mill kW; seit 1933 wurden keine Turbogeneratoren mehr aus dem Auslande eingeführt. Besonders stolz ist man in der Sowjetunion auf den 1937 gebauten 100 000 kW-Generator für 3000 U/min, der nun seit über zwei Jahren in Betrieb ist. Er ist für 111,1 MVA bei $\cos\varphi = 0,9$ bemessen. Die Nennspannung beträgt 15,75 kV, das Gewicht wird mit 22 kg/kVA angegeben. Betriebsergebnisse werden nicht mitgeteilt. Der Entwicklung von mit Wasserstoff gekühlten Maschinen wird besondere Aufmerksamkeit gewidmet, und zwar befinden sich einige Maschinen dieser Art bereits im Bau.

Auf dem Gebiete der Wasserkraftmaschinen wurden seit 1924 etwa 70 Generatoren von 440 kVA bis 77 500 kVA gebaut. Die letzteren sind in dem bekannten Wasserkraftwerk am Dnjepr aufgestellt. Die größten Abmessungen haben die im Vorjahre gebauten Generatoren für 68 750 kVA bei 62,5 U/min mit 11 820 mm Ständerbohrung und einem Gesamtgewicht von über 1100 t. Bemerkenswert ist, daß die größeren Maschinen nur noch mit einem unteren Spurlager gebaut werden. Synchronmaschinen werden serienmäßig für 100 bis 1200 kVA bei 1500 bis 375 U/min gebaut. Asynchronmotoren werden in allen erforderlichen Größen hergestellt; es fehlen aber noch manche Ausführungen für Sonderzwecke. Die serienmäßige Fertigung von Gleichstrommaschinen erstreckt sich auf Einheiten von 0,125 bis 3500 kW, während für Walzwerke einzelne Maschinen bis zu 5900 kW gebaut wurden.

Das Moskauer Transformatorenwerk stellt neben serienmäßigen normalen Transformatoren auch Sonderausführungen her, z. B. Regel- und Gleichrichtertransformatoren sowie Transformatoren für Elektroöfen. Als Spitzenleistung wird ein Dreiwicklungstransformator für 60 000 kVA und 242/115/10,5 kV genannt. Gleichrichter werden erst seit 1928 hergestellt; seitdem konnten aber bereits 1200 Einheiten geliefert werden, darunter einige für 5000 A. An der Weiterentwicklung wird auf manchen Gebieten gearbeitet. Als besonders wichtig wird die Entwicklung einer hitzebeständigen Isolation, z. B. der Glasumspinnung, angesehen. *J. S.*

[1]) A. M. Chorin und P. I. Schitow, Elektritscheskije Stanzii 11 (1940) Nr. 12, S. 23; 5 S., 4 B. u. S. 28; 5 S., 10 B.; E. G. Komar und M. N. Grusow, A. S. Jeremejew u. M. J. Kaplan, Westnik Elektroprom. 11 (1940) Nr. 12, S. 4; 1½ S. u. S. 6; 6 S., 6 B.

[2]) S. a. Die Elektroindustrie in der Sowjetunion 1940. ETZ 62 (1941) H. 25, S. 582.

Über Zählrohrverstärker

DK 621.394.645 : 539.162.08

Für Untersuchungen auf dem Gebiete der Radioaktivität und der kosmischen Ultrastrahlung wurde von Geiger und Müller das Zählrohr[1]) entwickelt, das die Forschung auf den genannten Gebieten wesentlich bestimmte und förderte. Weitgehend wird beispielsweise das Geigersche Zählrohr, das heute bereits fabrikatorisch serienmäßig hergestellt werden kann, bei der Werkstoffprüfung mit Röntgen- oder Gammastrahlung an Stelle von Film oder Leuchtschirm verwendet; weitere Anwendungsgebiete aufzuzählen, würde hier zu weit führen.

Für die Feststellung der Anzahl der das Zählrohr durchsetzenden Teilchen oder Quanten ist eine Verstärkung der durch die eingeleitete Stoßionisation am Zähldraht hervorgerufenen Spannungsstöße notwendig. Diese geschieht in eigens hierzu entwickelten Zählrohrverstärkern. Das Abreißen der einmal eingeleiteten Entladung im Zählrohr wurde bei früheren Rohren durch einen extrem hohen Ableitewiderstand von etwa 10^9 bis $10^{11}\,\Omega$ bewirkt. Bei den heute üblichen Rohren nach Trost wird die Entladung bereits durch innere Vorgänge im dampfgefüllten Zählrohr nach etwa 10^{-4} s zum Abreißen gebracht; als Ableitewiderstand genügen etwa $10^6\,\Omega$.

Den hohen Ableitewiderstand umgeht man in den Verstärkern nach Neher-Harper[2]) und Wolter. Beim Neher-Harper-Verstärker liegt parallel zum Zählrohr eine gesperrte Elektronenröhre, die beim Einsetzen einer Zählrohrentladung

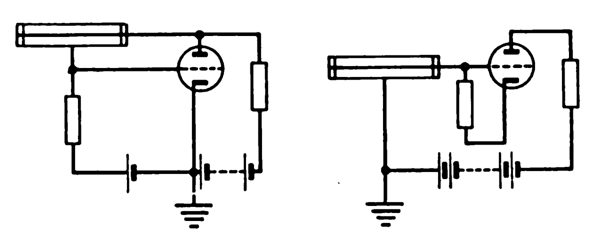


Bild 1. Verstärker nach Neher-Harper. Bild 2. Verstärker nach Wolter.

geöffnet wird (Bild 1). Der einsetzende Anodenstrom senkt die am Zählrohr liegende Betriebsspannung unter die sogenannte Anfangsspannung (gleich Mindestspannung, bei der das Zählrohr zu arbeiten beginnt), so daß der Stromübergang im Zählrohr sehr schnell unterdrückt wird.

Bei dem Verstärker nach Wolter (Bild 2) wird der Entladungsvorgang dadurch zum Abreißen gebracht, daß das Gitter einer in dem Zählrohrstromkreis liegenden Elektronenröhre negativ aufgeladen und somit das Rohr gesperrt wird, wodurch dann der Stromkreis Hochspannungsbatterie — Elektronenröhre — Zählrohr unterbrochen wird.

Die gebräuchlichste Verstärkung von Zählrohrimpulsen geschieht durch Ansteuern des Gitters einer steilen Elektronen-

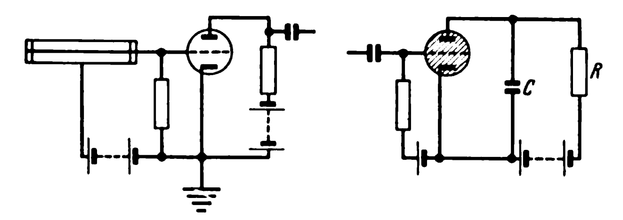


Bild 3. Prinzip-Verstärker. Bild 4. Kippkreis nach Jaeger und Kluge.

röhre, deren Stromstöße nach weiterer Verstärkung auf ein mechanisches Zählwerk gegeben werden (Bild 3). Reicht die Endröhre wegen der Kurzzeitigkeit der Zählimpulse nicht aus, so wird vorteilhaft der Kippkreis nach Jaeger und Kluge unter Benutzung eines Thyratrons verwendet (Bild 4).

Während die angegebenen Verstärker im allgemeinen für Stoßzahlen bis zu etwa 100 je Minute befriedigend arbeiten, wird wegen des begrenzten Auflösungsvermögens der Anordnung (gleich Zeit nach Einsetzen eines Impulses bis zur Wiedererlangung der Aufnahmefähigkeit für einen neuen Impuls) für größere Stoßzahlen entweder ein Untersetzer oder aber ein Registrierverstärker nach Trost verwendet. Die Frequenzuntersetzer arbeiten entweder nach dem Prinzip, daß die einzelnen Impulse allmählich einen Kondensator aufladen, der nach Erreichen eines bestimmten Aufladepotentials ein Thyratron zur Zündung bringt, welches Prinzip vor allem für hohe Untersetzungsverhältnisse mit Vorteil bisher angewendet wurde oder aber nach dem Prinzip, daß durch geeignete Gegeneinanderschaltung zweier Röhren jeweils der zweite Stoß unterdrückt wird. Durch Hintereinanderschalten mehrerer, etwa n derartiger Untersetzeraggregate, deren Prinzip zuerst von Wynn-Williams angegeben wurde, kann eine Untersetzung von $1 : 2^n$ erreicht werden.

Jegliche Untersetzung umgeht man bei dem Registrierverstärker nach Trost. Da bei den dampfgefüllten Zählrohren bei jeder Entladung eine ganz bestimmte Strommenge durch das Zählrohr fließt und der Mittelwert des Stromes durch das Zählrohr proportional zur Zahl der Zählrohrstöße in der Sekunde ist, wird der Zählrohrstrom einfach durch den Spannungsabfall an einem in den Stromkreis gelegten Widerstand R (Bild 5) passender Größe gemessen, dem man, um aus den einzelnen Stromstößen einen mittleren Zählrohrstrom zu erhalten, einen Kondensator C von solcher Größe parallel legt, daß die statistischen Schwankungen das gewünschte Maß nicht überschreiten. Die Intensität wird an einem Milliamperemeter ab-

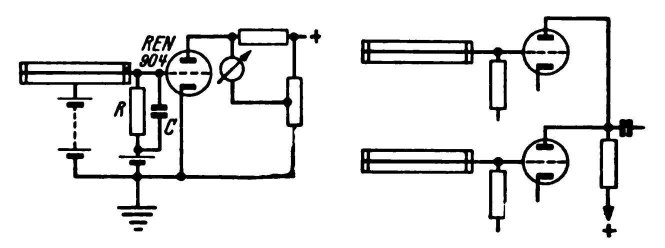


Bild 5. Verstärker zur Zählstrommessung nach Trost. Bild 6. Koinzidenzverstärkung (Prinzipschaltung).

gelesen. Der Vorteil der Anordnung besteht u. a. darin, daß zur Ausmessung irgendwelcher Intensitäten nur relativ kurze Zeiten gegenüber dem sonst notwendigen Auszählen der Stöße notwendig sind.

Die für Untersuchungen auf den Gebieten der Radioaktivität und der kosmischen Ultrastrahlung notwendigen Koinzidenzverstärker, die zur Erfassung derjenigen Teilchen dienen, die mehrere Zählrohre gleichzeitig durchsetzen[3]), arbeiten vornehmlich nach dem Prinzip, daß die Eingangsröhren über einen gemeinsamen Ableitewiderstand ihre Anodenspannung erhalten (Bild 6). Hierdurch ist es möglich, je nach Bedarf auch Mehrfachkoinzidenzen zu erzeugen, während die zuweilen gebrauchten Koinzidenzverstärker, die eine Doppelgitterröhre oder die Hexode als Mischröhren verwenden, neben der erheblicheren Empfindlichkeit gegen Spannungsschwankungen lediglich für Zweifachkoinzidenzverstärker brauchbar sind.

Der Bericht von Kolhörster und Weber[4]) gibt eine kurze Aufstellung und Darstellung der Wirkungsweise der benutzten Verstärker unter Hervorhebung der von den Verfassern benutzten Einrichtungen; Trost[5]) gibt eine genaue Beschreibung seines Registrierverstärkers und teilt u. a. eine Verbesserung der Zähleigenschaften der Zählrohre durch Zusatz von Methylal statt Alkohol zum Füllgase der Zählrohre mit. J. Juilfs

[1]) Vgl. ETZ 59 (1938) S. 949.
[2]) Schrifttum, insbesondere auch über Abarten und Weiterentwicklung bei T. H. Johnson, Rev. scient. Instrum. 9 (1938) S. 219.
[3]) Vgl. etwa ETZ 59 (1938) S. 1053.
[4]) Kolhörster u. Weber, Phys. Z. 42 (1941) S. 13.
[5]) Trost, Z. Phys. 117 (1941) S. 257.

RUNDSCHAU

Elektrische Maschinen

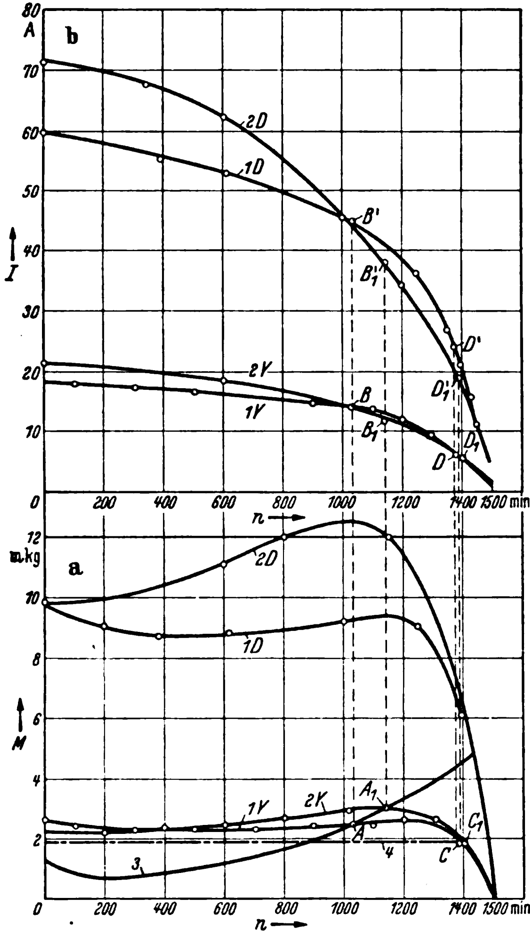
DK 621.313.333

Über den Stern-Dreieck-Anlauf von Kurzschlußläufermotoren. [Nach M. Riggenbach, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 534; 2½ S., 1 B.]

Beim Anlauf von Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufern über Stern-Dreieckschalter muß der Stromstoß beim Überschalten von der Stern- auf die Dreieck-Stellung möglichst niedrig bleiben und schnell abklingen, da sonst der Zweck des Stern-Dreieck-Anlaufs nicht erreicht wird. Der Strom beim Überschalten wird um so kleiner, je näher das Umschalten bei der synchronen Drehzahl geschieht; es kommt daher darauf an, die Drehmomentkennlinie des Motors so festzulegen, und dem Gegenmoment anzupassen, daß der Motor in der Sternstellung möglichst nahe an die Nenndrehzahl herankommt, weshalb der Motor für ausreichendes Kippmoment zu bemessen ist[1]). Dies ist besonders bei Arbeitsmaschinen, bei denen das Lastmoment quadratisch mit der Drehzahl ansteigt, also bei Lüftern, Pumpen u. a. von praktischer Bedeutung.

Die genannte Arbeit zeigt an einem praktischen Beispiel für einen vierpoligen Drehstrommotor von 7 kW und zwei

[1]) Vgl. K. Kirsch, Betriebserfahrungen mit Stern-Dreieckschaltern ETZ 61 (1940) S. 533.



a Drehmomente (unten)
b Anlaufströme (oben)
1Y Drehmoment bzw. Anlaufstrom des Doppelnutmotors bei Sternschaltung
2Y Drehmoment bzw. Anlaufstrom des Vielnutmotors bei Sternschaltung
1D Drehmoment bzw. Anlaufstrom des Doppelnutmotors bei Dreieckschaltung
2D Drehmoment bzw. Anlaufstrom des Vielnutmotors bei Dreieckschaltung
3 Gegendrehmoment eines Ventilators
4 Gegendrehmoment einer Werkzeugmaschine

Bild 1. Motor 380 V, 7 kW.

verschiedenen Ausführungsformen, und zwar mit Doppelnutläufer und stromverdrängungsfreiem Einfachkäfigläufer, daß der letztere in dem betrachteten Leistungsbereich bei Stern-Dreieck-Anlauf und quadratisch ansteigendem Lastmoment infolge seines größeren Kippmoments einen kleineren Überschaltstrom hat, der außerdem schneller abklingt. Zahlenmäßig ergaben sich folgende Werte:

Es werden zwei Schaubilder gebracht, Bild 1 a und b, denen folgende Werte zugrunde gelegt sind:

	Schaltung	Doppelnutläufer	Einfachkäfigläufer
Anlaufstrom	Stern-Stellung	18,5 A (1,25 fach)	21,3 A (1,45 fach)
Anlaufstrom	Dreieck-Stellung	60 A (4,05 fach)	72 A (4,9 fach)
Anzugsmoment	Stern-Stellung	2,6 mkg (0,55 fach)	2,4 mkg (0,5 fach)
Anzugsmoment	Dreieck-Stellung	9,85 mkg (2,08 fach)	10 mkg (2,1 fach)
Kippmoment	Dreieck-Stellung	9,4 mkg (2,0 fach)	12,5 mkg (2,65 fach)

In dem betrachteten Beispiel steigt das Lastmoment quadratisch mit der Drehzahl bis auf 100% des Nennmomentes an; sowohl der Doppelnutmotor als auch der Einfachkäfigläufer kommt bei diesem großen Lastmoment in der Sternstellung nicht in die Nähe der Nenndrehzahl, und beide müssen daher bereits bei etwa 1025 U/min bzw. 1150 U/min übergeschaltet werden, wobei die stationären Überschaltströme etwa 45 A (3fach) bzw. 38 A (2,55fach) betragen. Bei einem zweiten Beispiel mit einem konstant verlaufenden Gegenmoment von 40% sind die Überschaltströme gleich. Der Verfasser kommt zu dem Ergebnis, daß bei Leistungen bis etwa 12 kW (4 Pole) keine Veranlassung besteht, bei Stern-Dreieck-Anlauf den Doppelnutläufer zu verwenden, da er in seinem Verhalten keine Vorteile bietet und nur teurer wird.

Die natürlichen Eigenschaften des stromverdrängungsfreien Einfachkäfigläufers, der bei kleinen Leistungen infolge seines großen Schlupfes bereits ein verhältnismäßig großes Anzugsmoment entwickelt, hat bereits vor längerer Zeit dazu geführt, Motoren kleinerer Leistung bis etwa 5 kW (4 Pole) mit stromverdrängungsfreiem Läufer auszuführen[1]). In manchen Fällen ist es zweckmäßig, auch noch Leistungen über 5 kW bis etwa 10 kW 4 polig mit Einfachkäfigläufer auszuführen, besonders bei Stern-Dreieck-Anlauf mit stark ansteigendem Lastmoment. Das in dem Aufsatz gebrachte Beispiel ist jedoch nicht sehr überzeugend, da der Unterschied in den Überschaltströmen nur gering ist, so daß er noch innerhalb der Toleranz nach REM. liegt. Absolut betrachtet spielt dieser geringe Unterschied im allgemeinen überhaupt keine Rolle. Ferner sind die Wirkungsgrade und Leistungsfaktoren bei beiden Ausführungsarten in dem betrachteten Fall praktisch gleichwertig. Bemerkenswert ist außerdem, daß nach den Angaben des Aufsatzes die Läufer mit Stabwicklung ausgeführt werden, während in Deutschland bei diesem Leistungsbereich ausschließlich gegossene Läufer verwendet werden, die dem Stabläufer in vieler Hinsicht überlegen sind. Die Preisfrage scheidet beim gegossenen Läufer aus, da die Läuferart hierbei keine Rolle spielt. *mi.*

DK 621.314.21

Größenbestimmung bei Verteilungstransformatoren. [Nach M. F. Beavers, Electr. Engng. 59 (1940) S. 407; 6 S., 7 B.]

Um bei schwankender Belastung die richtige Größe eines Verteilungstransformators zu bestimmen, wurden bereits verschiedene Verfahren verwendet, angefangen von einfachen Begrenzungen der höchsten Überlast, z. B. 150%, bis zu einer genauen Berechnung der Lebensdauerkurven entsprechend der Alterung der Isolation. Eine genaue, zeitraubende Berechnung ist jedoch ziemlich zwecklos, da im allgemeinen weder der Verlauf der Erwärmung noch der Verlauf der Belastung genau bekannt ist. Auch die Angaben über die Lebensdauer der Isolation schwanken von $1^1/_3$ Jahr bis zu 7 Jahren für eine Temperatur von 105° C. Daher wird ein Verfahren entwickelt, das einfach ist und doch den Verlauf der Erwärmungskurven der verschiedenen Transformatoren berücksichtigt. Ausgehend von den Kurven der American Standards Association für die

[1]) AEG-Mitt. (1936) S. 137.

kurzzeitige Überlastbarkeit von Transformatoren wird eine Kurvenschar entwickelt, aus der sich für eine Lastspitze bestimmter Dauer und bestimmter Größe im Verhältnis zur vorausgegangenen Dauerbelastung die erforderliche Größe des Transformators bestimmen läßt. Damit kann für eine rechteckige Belastungskurve mit einer Grundlast und einer Spitzenlast die Größe des Transformators ermittelt werden. Wirkliche Lastkurven mit ihren Schwankungen werden in diese vereinfachte Form umgewandelt.

Weist die tägliche Belastungskurve nur eine ausgesprochene Spitze auf, so wird aus der Belastung der letzten der Spitze vorausgehenden 12 Stunden der quadratische Mittelwert gebildet, der als Grundlast gilt. Dann wird der quadratische Mittelwert der Spitze bestimmt und als Spitzenlast eingesetzt. Hierbei kann es nun zweifelhaft sein, für welche Zeit der Mittelwert für die Spitze zu bilden ist. (Hierin liegt die Schwierigkeit und Unsicherheit des Verfahrens. D. Ber.) Wird die Zeit zu lang angesetzt, so daß auch Belastungen, die wesentlich unter der wirklichen Höchstlast liegen, mit erfaßt werden, so besteht die Gefahr, daß sich die Wicklung bereits zu hoch erwärmt hat. Dieser Gefahr soll dadurch begegnet werden, daß der quadratische Mittelwert nicht mehr als 10% unter der über eine halbe Stunde gemittelten Höchstlast liegt. Der Wahl einer zu kurzen Zeit soll dadurch vorgebeugt werden, daß nach Ermittlung der Größe des Transformators überprüft wird, ob nicht nach der berücksichtigten Spitzenzeit noch Überlastungen von mehr als 10% auftreten. Weist die tägliche Belastungskurve mehrere Spitzen auf, so läßt sich in vielen Fällen bereits von vornherein entscheiden, welche Spitze die schwerste ist. Ist dies nicht der Fall, so muß die Berechnung für jede Spitze für sich durchgeführt werden. Zur Vereinfachung der Rechnung kann man die kleinen Schwankungen der Belastungskurve bereits nach Augenmaß ausgleichen. Schließlich werden Kurven angegeben, um den Einfluß abweichender Raumtemperaturen zu berücksichtigen. *Scha.*

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.3.053.22

Hilfsausrüstungen für Erdschlußspulen. [Nach E. M. Hunter und S. B. Farnham, Gen. Electr. Rev. 43 (1940) S. 352; 5 S., 5 B.]

Das technische Schrifttum enthält eine Reihe von Aufsätzen über Theorie und Praxis von Erdschlußspulen, ohne sich mit den Zusatzeinrichtungen zu beschäftigen. Die Erdschlußspule dient zum Löschen des Erdschlußlichtbogens bei vorübergehenden Erdschlüssen. Dauererdschlüsse dagegen müssen abgeschaltet werden, und zwar von Hand mit Hilfe der Suchschaltung unter Zulassen von kurzen Einzelabschaltungen oder zwangläufig durch Erdschlußrelais nach Überbrücken der Erdschlußspule und Einführen einer festen Erdung des Sternpunktes.

Die erste Art Zubehör umfaßt die Einrichtungen ohne Automatik und besteht grundsätzlich aus Alarm- und Schreibeinrichtung. Die Erdschlußspule wird hier über einen für die verkettete Spannung isolierten Trenner mit 600 A Nennstrom an den Sternpunkt geschaltet. An einen erdungsseitig in die Erdschlußspule eingebauten Stromwandler wird ein normal wirkendes Überstromrelais und ein Stromschreiber angeschlossen. Das Relais leitet nur ein akustisches Signal ein, spricht aber bei 1 A an und soll dauernd 5 A aushalten. Da ein Dauererdschluß mehrere Stunden stehen bleiben kann, muß Erdschlußspule und Relais einem Dauerbetrieb genügen. Dann werden zwei Relais verwendet, von denen das erste einen niedrigen Ansprechstrom besitzt und von dem zweiten, bei höherem Strom anregenden überbrückt wird. Der Stromzeiger schreibt auf einen Papierzylinder, der in 24 h einmal umläuft. Die Größe des aufgeschriebenen Stromes besitzt geringe Bedeutung, da sie vom Widerstand an der Erdschlußstelle beeinflußt wird. In wenigen Minuten einander folgende Erdschlüsse können nicht mehr erkannt werden. Dafür dienen elektrische Zählwerke zur Ergänzung überlagerter Aufzeichnungen des Stromschreibers. Erdschlußfolgen innerhalb einiger Hertz sind nur durch den Oszillographen nachweisbar, der durch den Spulenstrom in Gang gesetzt werden kann.

Die zweite Art Zubehör umfaßt die Anordnungen mit Automatik und setzt den Einbau von Erdschlußrelais je Leitungsende voraus. Die Erdschlußspule wird hierbei für 10 min Betriebsdauer bemessen, da das an den Stromwandler angeschlossene, augenblicklich wirkende Überstromrelais nach spätestens 10 s ein Überbrücken der Erdschlußspule herbeiführt. Wie bei der ersten Gruppe dient das Relais zunächst zur Abgabe eines Signals, leitet dann aber auch die Überbrückung der Erdschlußspule ein. Es hat einen bei 1 A beginnenden einstellbaren Ansprechstrom, bei dem ein Ruhekontakt geöffnet wird, während die Kontaktgabe bei 80% über dem Ansprechwert stattfindet. Eine solche Bemessung ist notwendig, da bereits ein kleiner Strom ständig durch die Erdschlußspule fließt, eine Anregung also stets vorkommen kann, ohne daß ein Ablauf der Automatik erwünscht ist. Das Relais besitzt im allgemeinen eine Ablaufscheibe mit je zwei getrennten Ruhe- und Arbeitskontakten und wirkt auf ein Zeitrelais mit einer Einstellung von 0 bis 15 s. Arbeiten mehrere Erdschlußspulen parallel, so sollen die Zeitrelais einen möglichst übereinstimmenden Ablauf aufweisen, um auch ein gleichzeitiges Überbrücken der Erdschlußspulen zu erzielen, da nur in diesem Falle die beabsichtigte Verteilung des Erdfehlerstromes und damit ein selektives Arbeiten der Erdschlußrelais zu erwarten ist. Eine solche Genauigkeit wird durch Verwenden von Zeitrelais mit eigener Federkraft und Induktionsscheibe erreicht. Da beim Schließen des ersten Überbrückungsschalters in allen Erdschlußspulen des metallisch zusammenhängenden Netzes der Stromfluß aufhört und das Schließen weiterer Überbrückungen in Frage gestellt sein würde, wird noch ein zweites Zeitwerk eingefügt, das vom Arbeitskontakt des Überstromrelais unter Vermitteln des ersten Zeitwerkes über ein Zwischenrelais mit Selbsthaltung in Tätigkeit gesetzt wird und den zugehörigen Überbrückungsschalter einlegt. Um also von der Streuung der ersten Zeitrelais ganz unabhängig zu sein, wird das Einschalten aller Überbrückungen im Netz ausschließlich den zweiten Zeitrelais übertragen, die wegen der erwähnten Selbsthaltung auf jeden Fall bis zur eingestellten Zeit ablaufen. Der zum Überbrücken einer Erdschlußspule dienende Überbrückungsschalter muß einen Einschaltstrom von 5000 A aushalten, für Fernbedienung geeignet sein und eine Schließzeit von weniger als 0,5 s haben. Da Leistungsunterbrechungen wegfallen, genügt ein einpoliger Luftschalter mit Federein- und Motorausschaltung. Für den seltenen Fall des Versagens des Federmechanismus arbeitet noch eine Motoreinschaltung parallel. Die Möglichkeit eines Erdschlusses beim Öffnen des Schalters wurde nicht berücksichtigt. In besonderen Fällen werden einpolige Ölschalter benutzt.

Damit die Erdfehlerströme eine genügende Stärke und die beabsichtigte Verteilung erhalten, wird im Erdschluß häufig noch eine feste Erdung an Stellen gewünscht, an denen sich keine Erdschlußspule befindet. Statt des üblicherweise das Schließen des Überbrückungsschalters einleitenden, aber hier fehlenden Spulenstromes wird als Kennzeichen die Nullpunktsspannung verwendet, an die ein augenblicklich wirkendes Spannungsrelais angeschlossen wird, das die Aufgabe des augenblicklich wirkenden Überstromrelais übernimmt, während die sonstige Arbeitsweise wie beschrieben ist. Werden nach Heraustrennen des vom Erdschluß betroffenen Anlageteiles sämtliche Überbrückungen zur Erde zwangläufig geöffnet, so wird die Erdschlußkompensation sofort wieder wirksam, was besonders bei Stürmen erwünscht ist, da dann die Erdschlußfolge sehr rasch sein kann. Das Öffnen der Überbrückung wird durch ein auf Überstrom ansprechendes Relais bewirkt, das an einen in der festen Erdung liegenden Stromwandler angeschlossen ist. Bei Stromdurchgang wird durch Öffnen eines Ruhekontaktes dieses Relais der Gleichstrompfad für das Öffnen der Überbrückung unterbrochen, gleichzeitig aber durch Schließen eines Arbeitskontaktes des Relais über ein Zwischenrelais mit Selbsthaltung ein Öffnen der Überbrückung vorbereitet, das eintritt, sobald der Strom verschwindet. Hierdurch ist ein Öffnen der Überbrückung, gegen das sonst keine besonderen Sicherheitsmaßnahmen vorgesehen sind, bestimmt vermieden, solange der Erdschluß besteht. Sämtliche beschriebenen Einzeleinrichtungen können je nach den Bedürfnissen zusammengestellt werden.

Für die deutsche Praxis dürfte die erste Art Zubehör ähnlich aussehen, die zweite Art wegen des Verbotes fester Sternpunktserdungen zwar nicht nachzuahmen sein, aber immerhin einige Anregungen geben. Mit mehr als 40 Ausrüstungen wurden in Amerika befriedigende Erfahrungen gesammelt. *Bbg.*

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.374

Messung sehr kleiner Verlustwinkel. [Nach C. G. Koops, Philips techn. Rdsch. 5 (1940) S. 307; 9 S., 10 B.]

Die Untersuchung von Kondensatoren in Brückenschaltungen liefert immer den Unterschied des Verlustwinkels des zu untersuchenden und des Vergleichskondensators, der zweckmäßig so ausgeführt sein muß, daß sein Verlustwinkel neben den unvermeidlichen Meßfehlern vernachlässigt werden kann. Hierzu

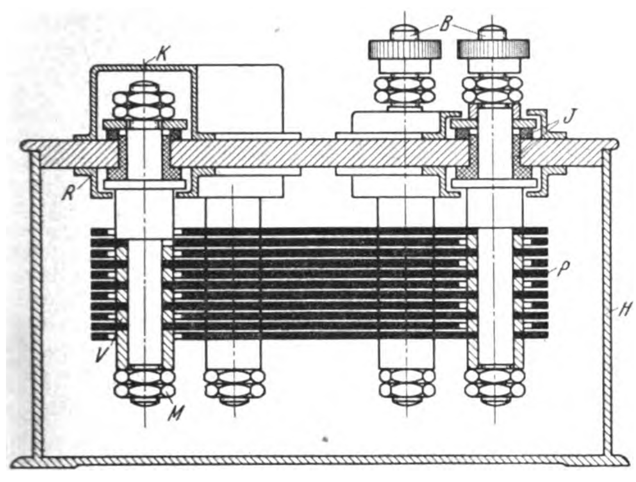
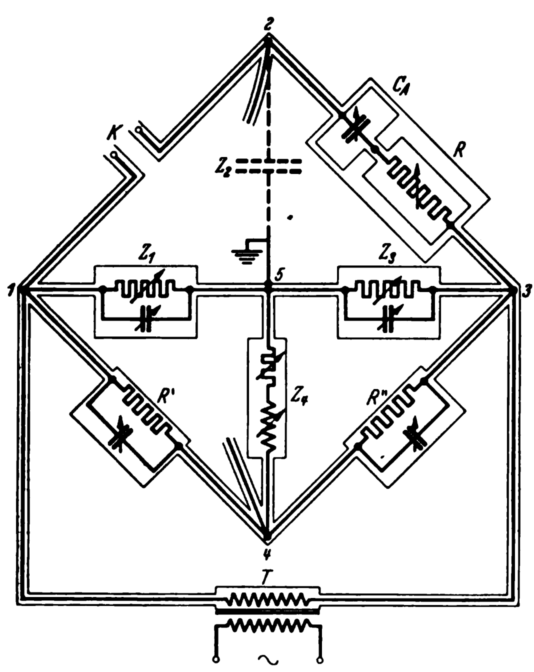


Bild 2. Aufbau des Normalkondensators.

muß für einen sehr geringen Widerstand der Anschlüsse und Zuleitungen zu dem Vergleichs-(Normal-)Kondensator gesorgt werden. Als Dielektrikum ist ein Stoff zu wählen, der einen niedrigen Leitwert hat und keine polaren Moleküle enthält. Sehr gut wird diesen Bedingungen durch staubfreie, trockene Luft entsprochen. Die gegenpoligen Kondensatorplatten werden in einem sie umgebenden Metallgehäuse angeordnet, das auf ein bestimmtes Potential gebracht werden kann und voneinander durch einen dielektrisch verlustarmen, festen Isolierstoff so isoliert, daß keine Kriechströme unmittelbar von Pol zu Pol gelangen können und die zwischen den Polen verlaufenden Kraftlinien fast nirgends festem Stoff begegnen. Mittels einer besonderen Brückenschaltung ist es zu erreichen, daß nur die Kapazität zwischen den Kondensatorplatten in die Messung eingeht und die parallel dazu geschalteten, verlustbehafteten Nebenkapazitäten gegen das Metallgehäuse ausgeschlossen bleiben. Bild 2 zeigt schematisch den Mittelschnitt eines nach diesen Vorschriften gebauten Normalkondensators, dessen Gesamtverlustwinkel nur einigemal 10^{-8} beträgt und daher bei Messungen mit Frequenzen bis 8000 Hz, die eine Genauigkeit von 10^{-6} erfordern, unbedenklich vernachlässigt werden kann. Die beiden Plattensätze P bestehen aus Aluminium, das sich mit einer nur einige Mikron dicken Oxydschicht sehr kleinen Verlustwinkels überzieht. Sie werden von je drei im Dreieck aufgestellten Säulen getragen, die mit Isolierungen J aus Hochfrequenzisolierstoff („Philite") im Metallgehäuse H befestigt



H	Metallgehäuse	R	Metallschutzringe
J	Isolierungen	K	Kappen
V	Isolierringe	P	Plattensätze

Bild 3. Schaltbild der Meßbrücke.

sind. Durch Isolierringe V, die mit Schraubenmuttern M festgeklemmt sind, werden die Platten im richtigen Abstand voneinander gehalten. Metallschutzringe R und Kappen K schirmen die freien Enden der Säulen ab und verhindern einen unerwünschten Kraftlinienverlauf. B sind die Anschlußklemmen. Bild 3 veranschaulicht die mit einer geerdeten Abschirmung umgebene Meßbrücke, die Verlustwinkelmessungen mit einer absoluten Genauigkeit von $3 \cdot 10^{-8}$ auszuführen gestattet. Sie ist eine vollkommen symmetrische Brücke mit zwei Hilfsbrückenschaltungen (Wagner Erdung Z_1 und Z_3, und zweite Hilfsbrücke aus schädlicher Kapazität Z_2 und dem aus einer veränderlichen Selbstinduktivität in Reihe mit einem regelbaren Widerstand bestehenden, komplexen Widerstand Z_4). Durch Einstellung der Scheinwiderstände Z_2 und Z_4 wird auch der Einfluß der Schwankungen aller schädlichen Scheinwiderstände begrenzt. An die Klemmen K werden nacheinander der zu messende Kondensator C_X und der Normalkondensator C_N angeschlossen, wobei der einstellbare Widerstand R, der im Zweige 2—3 mit einem willkürlichen Vergleichskondensator C_A (von ungefähr derselben Güte wie C_X) in Reihe geschaltet ist, jedesmal so eingestellt wird, daß die Brücke ins Gleichgewicht kommt. Der Unterschied zwischen den beiden Werten von R ergibt den wirksamen Reihenwiderstand und damit den gesuchten Verlustwinkel von C_X. Parallel zu den gleichen Widerständen R' und R'' ist je ein kleiner Hilfskondensator geschaltet, um die Einstellung zu erleichtern. Das nicht gezeichnete Nullgerät (Telephon mit Verstärker) wird abwechselnd an die Punkte 2—4, 2—5 und 4—5 gelegt. Der Regelwiderstand R ist mit einer Abschirmung umgeben, die mit dem Eckpunkt 3 der Brücke verbunden wird und auch den Verbindungsdraht zu C_A umschließt. C_A ist ein für sich geschirmter Luftkondensator. Auf diese Weise bleibt zwischen diesem Verbindungsdraht und Erde nur eine geringe schädliche Kapazität übrig. Durch den abgeschirmten Transformator T wird die Brücke gespeist. *O. N.*

DK 621.317.79

Bussole mit Induktion durch das magnetische Erdfeld. [Nach G. Giulietti, L'Elettrotecnica 27 (1940) S. 452; 4 S., 7 B.]

Die für Flugzeuge und Seefahrzeuge geeignete Bussole besteht gemäß Bild 4 aus drei gleichartigen Wechselstromerzeugern (Erdinduktoren) G_1, G_2, G_3, die durch einen gemeinsamen Motor

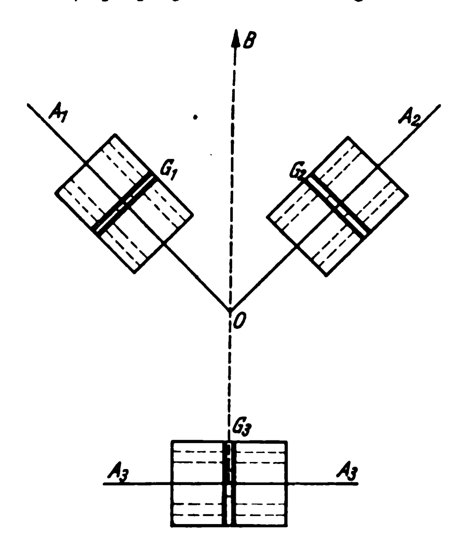


Bild 4. Anordnung der Stromerzeuger in der Bussole mit Induktion durch das magnetische Erdfeld.

angetrieben werden. Der Läufer jedes dieser Stromerzeuger ist in der Mitte durch einen Querspalt unterteilt, in dem eine aus dünnen, hintereinander geschalteten Flachspulen gefertigte, feststehende Wicklung untergebracht ist. Außerdem sind in jedem Läufer parallel zu dessen Längsachse Magnetkerne aus Eisen hoher Permeabilität und bei geringen Induktionen vernachlässigbarer Hysterese paarweise angeordnet. Bei Ausrichtung der Läuferachsen nach einer von Null verschiedenen Komponente des magnetischen Erdfeldes wird in jeder Spule eine EMK induziert. In der Bussole sind die Stromerzeuger G_1 und G_2 so angeordnet, daß ihre Drehachsen A_1O und A_2O zueinander senkrecht stehen und mit der Mittelsenkrechten OB auf die Drehachse des Stromerzeugers G_3 je einen Winkel von 45° einschließen. Die Wicklungen der Stromerzeuger werden

zweckmäßig über Elektronenverstärker und gegebenenfalls auch über Kupferoxydgleichrichter mit Galvanometern als Richtungsanzeigern verbunden. Das eine dieser Galvanometer hat zwei Differentialspulen, von denen die eine an den Stromerzeuger G_1 und die andere an den Stromerzeuger G_2 angeschlossen ist. Die Wicklung des anderen Galvanometers wird dagegen nur von dem Stromerzeuger G_3 gespeist. Solange die Mittelsenkrechte OB in der Richtung des magnetischen Erdfeldes oder der waagerechten Komponente desselben liegt, werden in den Wicklungen der Stromerzeuger G_1 und G_2 einander entgegengesetzt gerichtete Ströme gleicher Größe induziert, so daß der Zeiger des Differentialgalvanometers in einer von Änderungen der magnetischen Induktion unabhängigen Nulllage verbleibt, die auf der Skala des Galvanometers durch einen mit dem Zeiger in dieser Stellung zusammenfallenden, geradlinigen Strich gekennzeichnet wird. Außerdem bleibt in der beschriebenen Richtung von OB die Spule des Stromerzeugers G_3 unabhängig von der magnetischen Inklination stromlos, so daß auch der Zeiger des damit verbundenen Galvanometers in der Nullage verharrt. Bei genauer Ausrichtung von OB nach Norden stehen die Zeiger der beiden Galvanometer übereinander. Nach dem Einbau der Bussole in ein Flugzeug oder Schiff wird jede Abweichung des Kurses von der Richtung des magnetischen Erdfeldes durch einen Ausschlag der Zeiger nach rechts oder links erkenntlich, da in diesem Fall in den Wicklungen von G_1 und G_2 ungleiche Ströme und auch in der Wicklung von G_3 ein Strom induziert wird. Die Bussole läßt sich mit einer Kurssteuereinrichtung kuppeln, mit deren Hilfe die Bussole mechanisch um eine lotrechte Achse um denjenigen Winkel in die Nord-Südrichtung zu drehen ist, den ein beliebig gewählter Kurs mit der Richtung des magnetischen Erdfeldes einschließt. Jede Abweichung von diesem Kurs ist dann wieder durch Zeigerausschlag an den Galvanometern festzustellen. Da die Empfindlichkeit der Anordnung mit der Umdrehungsgeschwindigkeit der Läufer in den Stromerzeugern steigt, können diese auch z. B. mit 20 000 Umdrehungen je min durch Saugluft angetrieben werden. Die Läufer erhalten in diesem Fall je einen Schaufelkranz und werden in luftdichte Gehäuse eingeschlossen. Die durch eine geeignete Pumpe angesaugte Luft durchströmt nacheinander die drei Stromerzeuger und setzt deren Läufer gleichzeitig in Bewegung. Wenn auch Änderungen der magnetischen Inklination das Arbeiten der Bussole an sich nicht beeinträchtigen, beeinflussen sie doch die Stärke der Erregung. Beim Gebrauch der Bussole in Gegenden der Erdpole kann daher die Achse des Gerätes geneigt werden, um es soweit zu drehen, daß eine angemessene Erregung der Stromerzeuger auf jeden Fall sichergestellt ist. *O. N.*

Verkehrstechnik

DK 621.33 : 621.316.933

Neuere Untersuchungen zur Überspannungsbekämpfung in elektrischen Bahnanlagen. [Nach G. Wilke, Elektr. Bahnen 16 (1940) S. 101; 10 S., 20 B.]

Die Eigenarten des elektrischen Zugbetriebes der Deutschen Reichsbahn erforderten eigene Überspannungsuntersuchungen, aus denen hervorging, daß nach Art, Höhe und Häufigkeit die Überspannungserscheinungen erheblich verschieden sind von den aus der allgemeinen Landesversorgung bekannten. Während bei dieser die Gewitterüberspannungen

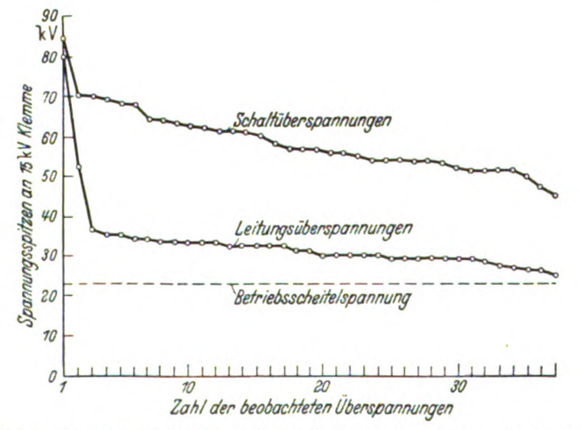


Bild 5. In einem fünfwöchigen Beobachtungszeitraum festgestellte Schaltüberspannungen an einem Fahrzeugumspanner und Leitungsüberspannungen an der Sammelschiene eines Fahrleitungsnetzes (Höhe- und Häufigkeitsverteilung).

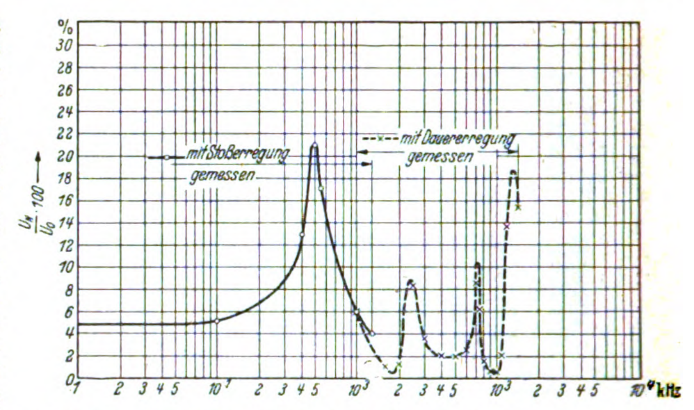


Bild 6. Der auf der Niederspannungsseite (750 V-Stufe) eines Fahrzeugumspanners übertretende Anteil von oberspannungsseitig auflaufenden hochfrequenten Wellenzügen in Abhängigkeit von deren Frequenz.

als äußere Überspannungen im Vordergrund stehen, sind es beim elektrischen Zugbetrieb die Schaltüberspannungen, also innere Überspannungen (s. Bild 5). Durch die Ortsbeweglichkeit der Fahrzeugumspanner im Fahrleitungsnetz und die häufigen Leerschaltungen ist es darüber hinaus im Bahnbetrieb besonders leicht möglich, daß Überspannungen schwingenden oder periodischen Verlaufes (Leitungsschwingungen, Schalterrückzündungen) in den getroffenen Umspannern durch Resonanzerscheinungen mit deren Eigenschwingungen an einzelnen Wicklungsteilen beträchtliche Teilspannungen auslösen. Gemessen wurden Werte bis zum Vierfachen des Betrages, der nach dem Windungszahlenverhältnis bzw. bei Nennfrequenz zu errechnen gewesen wäre (Bild 6). Während so auf der einen Seite gewisse Überspannungsarten besonders häufig und hoch anfallen bzw. sich infolge günstiger Resonanzmöglichkeiten in den getroffenen Umspannern besonders unangenehm auswirken können, ist man auf der anderen Seite für den Bau von Bahnanlagen und -geräten besonders an der Kleinhaltung der Beanspruchungen durch Überspannungen interessiert, weil sowohl auf den Fahrzeugen wie auch bei den ortsfesten Anlagen aus Gewichts- und Platzgründen kleinstmögliche Isolationsabmessungen angestrebt werden müssen. Darüber hinaus zwingt die bahneigentümliche Verschmutzung mit leitfähigem Schmutz (Ruß, Bremsstaub), den Isolierstrecken jede irgendwie vermeidbare Beanspruchung fernzuhalten.

Entsprechend diesen Sonderbedingungen mußten auch in der Überspannungsbekämpfung eigene Wege beschritten werden. Dies geschah einmal dadurch, daß die für die allgemeine

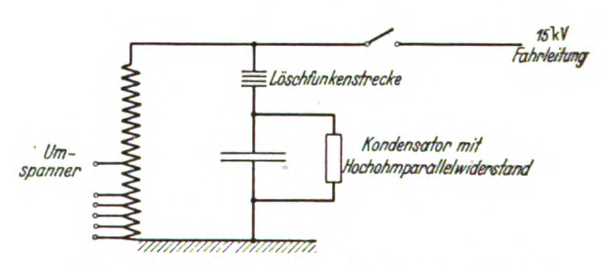


Bild 7. Schaltbild des Kondensator-Überspannungsableiters.

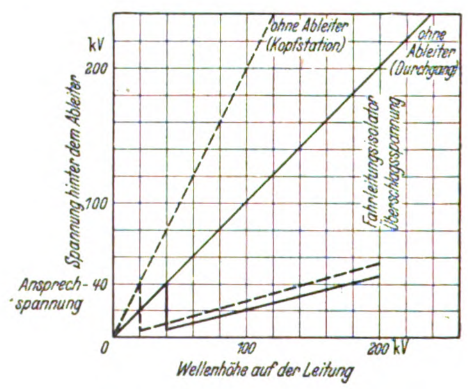


Bild 8. Schutzkennlinien eines Kondensatorableiters.

Landesversorgung üblichen Ableiterarten soweit wie möglich den Bahnverhältnissen angepaßt wurden, wobei allerdings Überspannungen bis zu etwa 80 kV (im 15 kV Fahrleitungsnetz) unbeeinflußt blieben. Da nach obigem solche Überspannungen schon als untragbar angesehen werden, wurde über die Anpassung der bekannten Ableiter an die Bahnverhältnisse hinaus die Entwicklung eines neuartigen Schutzverfahrens eingeleitet, das besonders den Schaltüberspannungen dahingehend Rechnung trägt, daß es diese schon im Entstehungsvorgang bekämpft und außerdem Überspannungen von 40 kV an beträchtlich absenkt. Zu diesem Zweck wird parallel zu den zu schützenden Anlageteilen ein Kondensator geschaltet, der durch eine Funkenstrecke normalerweise vom Netz getrennt ist (Bild 7) und über diese nur für die kurze Zeit zugeschaltet wird, in der beim Abschalten das Entstehen einer Schaltüberspannung droht oder eine Wanderwelle aufläuft. In diesen kurzen Augenblicken speichert er die gefährlichen Energien bei ungefährlichen Spannungen. Die Schutzwirkung eines derartigen Gerätes mit 1 µF Kapazität gegen Wellen von 1|50 µs auf Leitungen von 500 Ω Wellenwiderstand gibt Bild 8. *Sb.*

Fernmeldetechnik

DK 621.395.74 (439)

Plan des ungarischen Fernsprechnetz-Knotenamtssystems. [Nach L. Koczka. Europ. Fernsprechdienst 57. Folge (1941) S. 135; 4½ S., 7 B.]

Der Verfasser behandelt den Plan der ungarischen Post für den Ausbau ihres Fernleitungsnetzes. Danach ist eine Netzanlage mit einem Durchgangsfernamt (D) in Budapest, 7 Verteilfernämtern (V) und 33 Endfernämtern (E) vorgesehen. Um jedes dieser 41 Ämter gruppieren sich Ortsämter, die mit dem Knotenamt eine Netzgruppe von etwa 35 km Halbmesser bilden. Die V vermitteln den Ferndienst der E ihres Bereichs, während über Budapest der Verkehr zwischen den V-Bereichen fließt. Nach Bedarf werden Querverbindungen zwischen den verschiedenen Fernämtern vorgesehen.

Übertragungstechnisch ist die Anlage auf ein Fernkabelnetz abgestellt, mit Endverstärkern auch bei den E. Zur Einhaltung der übertragungstechnischen Bedingungen werden Verlängerungsleitungen in Abhängigkeit von der Art der Verbindung (durchgehend oder amtsendigend) ein- oder ausgeschaltet, und zwar bestimmt durch die jeweils gewählte Kennzahl. Das Schema dieser Schaltung ist dargestellt. Bei Durchgangsverbindungen wird bis zum E mit dem Pegel Null gearbeitet. Zwischen E und Ortsamt werden 0,8 N, zwischen Ortsamt und Teilnehmer 1,3 N zugelassen. Auf die Strecke Teilnehmer-V entfallen einschließlich der Amtsdämpfungen 2,35 N und im Grenzfall auf eine beiderseitig gleichmäßig aufgebaute Verbindung 4,7 N (!). Verbindungen Vierdraht/Vierdraht und Vierdraht/Zweidraht werden zweidrahtmäßig ausgeführt. Fernwahl ist in Aussicht genommen, und zwar mit 50 Hz auf Freileitungen, 150 Hz auf Leitungen mit UT und mit Tonfrequenz auf Vierdrahtleitungen. Fernplatzansteuerung ist vorgesehen. Zunächst sollen die Ortsnetze am Sitz von Fernämtern automatisiert werden, dann die Landämter. Die Fernwahl durch eine Beamtin wird im Endzustand durch die Teilnehmerfernwahl (Selbstwählferndienst) ersetzt werden. Innerhalb jeder Netzgruppe sind die Nummern aller Anschlüsse vierstellig und nach verdecktem System verteilt. Außenliegende Netzgruppen werden nach Wahl der Verkehrsscheidungsziffer 0 über vorgesetzte zweistellige Kennzahlen erreicht, die zwischen 50 und 99 liegen. Die Anschlüsse im Ortsnetz Budapest sind sechsstellig, als erste Ziffern werden nur 1 bis 4 benutzt. Die ersten Zahlen 10 bis 49 kennzeichnen gleichzeitig die Fernverbindungen in der Richtung auf das Ortsnetz Budapest. Die Ämter der Netzgruppe Budapest besitzen eine vom Ortsnetz unabhängige Kennzahl.

Gedacht ist an ein selbsttätiges Erfassen der Ferngesprächsgebühren durch Mehrfachzählung am Teilnehmerzähler (über Zeitzonenzähler) und — für bestimmte Fälle — durch Verwenden von Gebührendruckern, die die Anschlußnummern des Rufers und des Angerufenen, die Gebühr und die Gesprächszeit abdrucken. Die Gebührenverrechnung soll durch eine bestimmte Tarifgestaltung vereinfacht werden. Für Verbindungen innerhalb einer Netzgruppe werden z. B. 3, im Verkehr zwischen verschiedenen Netzgruppen 4 Gebührensätze ausreichen. Im ersten Fall wird die Mehrfachzählung, im zweiten die Einzelerfassung der Gebühren durch Gebührendrucker vorteilhafter sein. Die Pläne für die Art der Gebührenerfassung sind noch nicht endgültig gefaßt. *Kpr.*

DK 621.396.933

Funksonden. [Nach H. Diamond, W. S. Hinman jr., F. W. Dunmore u. E. G. Lapham, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 321; 7½ S., 11 B.]

Gegenstand der Arbeit ist die Konstruktion und Arbeitsweise einer neueren Funksonde, die vom aerologischen Institut des amerikanischen Marineministeriums entwickelt wurde. Das Grundsätzliche des Sondenverfahrens darf als bekannt vorausgesetzt werden. Die beschriebene Funksonde wird von einem Ballon getragen, der mit Helium oder Wasserstoff gefüllt ist und einen Durchmesser von etwa 150 cm hat. Der Auftrieb beträgt also etwa 2 kg. Bei einem Gesamtgewicht der Sonde von 1 kg soll sie 20 bis 25 km Höhe bei einer Aufstiegsgeschwindigkeit von 200 m/min erreichen. Die Meßeinrichtung besteht im wesentlichen aus 4 Teilen: einem kleinen Sender, einem elektrischen Hygrometer, einem elektrischen Thermometer und einem Barometer. Die Schaltung des Senders zeigt Bild 9. V_1 ist der Trägerwellenoszillator, der mit 65 MHz arbeitet, V_2 die Modulationsröhre, die mit 1 MHz schwingt. Parallel zu R_6 werden wechselweise das elektrische Hygrometer und das elektrische Thermometer geschaltet. Beide haben innere Widerstände, die vom Gitterstrom durchflossen werden. C_2 wird dabei aufgeladen und erreicht eine Spannung, die das Rohr V_2 verriegelt. Dann setzt der Gitterstrom aus, und C_2 entlädt sich über R_6 usw. Der Kondensator C_2 und die dazu parallelliegenden Widerstände bestimmen die Frequenz dieses periodischen Vorganges (10 Hz bis 200 Hz). Über den Kondensator C_3 wird diese Frequenz dem Trägerwellenoszillator aufmoduliert.

Ein wichtiges Glied der Sonde ist das Barometer. Seine Druckmembran ist mit einem Schaltarm gekoppelt, der im Verlaufe eines Aufstieges über 80 Kontakte schleift. Die Kontakte Nr. 15, 30, 45, 60 und 75 sind mit einem Widerstand $R_2 = 40$ kΩ verbunden. Wenn der Kontaktarm sie erreicht, liegt R_2 parallel zu R_6; die sich dann ergebende Frequenz beträgt 195 Hz. Die Kontakte Nr. 5, 10, 20, 25, 35, 40, 50, 55, 65, 70 und 80 sind mit $R_1 + R_2 = 41$ kΩ verbunden und ergeben etwa 190 Hz; dies ist die sogenannte niedere Bezugsfrequenz, jene die hohe. Beide dienen erstens der Druckmessung, indem das Erreichen jeder Kontaktnummer von einem ganz bestimmten atmosphärischen Druck abhängt, und zweitens durch ihre regelmäßige Wiederkehr im Verlaufe eines Sondenaufstiegs als Anhaltspunkte auf der Frequenzskala.

Das elektrische Thermometer besteht aus einer Kapillare, die als Elektrolyt eine Lösung von 24 Vol.% konzentrierter Salzsäure, 76% Äthylalkohol und 2,7 g Kupferchlorid je 100 cm³ Lösung enthält. Äthylalkohol dürfte wohl im Hinblick auf den niedrigen Gefrierpunkt (— 130,5°C) verwendet worden sein. Bei Temperaturen zwischen + 30°C und — 80°C steigt der innere Widerstand des Thermometers von 14 kΩ auf 2 MΩ. Die Modulationsfrequenz bewegt sich dabei von 146 Hz auf 13 Hz.

Neu erscheint das elektrische Hygrometer; es beruht auf der Leitfähigkeitsänderung hygroskopischer Salze durch Einwirken von Feuchtigkeit. Unter Verwendung von in Polyvinylazetat gelöstem Lithiumchlorid soll sich der Feuchtigkeitsmeßbereich bei — 60°C von 100% bis 35% erstrecken, bei höheren Temperaturen bis 0%. Während Haarhygrometer schon bei wenigen Graden unter 0°C versagen und nur langsam ansprechen, soll das elektrische Hygrometer noch bei Aufstiegsgeschwindigkeiten von 400 m/min einwandfrei arbeiten. Bei + 25°C bewirkt ein Feuchtigkeitswechsel von 10% auf 95% eine Widerstandsänderung im Hygrometer von etwa 4 kΩ auf 2,3 MΩ. Dem entspricht eine Modulationsfrequenzänderung von 175 Hz auf 13 Hz.

Die Arbeitsweise der Sonde ist folgende: Zu Beginn des Aufstiegs steht der Kontaktarm des Barometers auf Kontakt Nr. 1. In dieser Stellung liegt das Hygrometer parallel zu R_6. Es hat bei der gerade herrschenden Feuchtigkeit einen bestimmten inneren Widerstand und ergibt somit eine gewisse Modula-

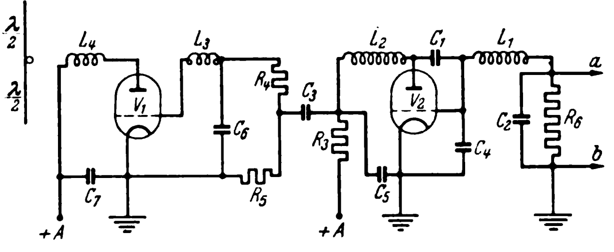


Bild 9. Senderschaltung der Funksonde.

tionsfrequenz. Die Bodenstation mißt diese Frequenz und kann an einer Eichkurve die relative Feuchtigkeit in % ablesen. Inzwischen steigt der Ballon auf, der Druck verringert sich und das Barometer verschiebt den Kontaktarm gegen den benachbarten Kontakt hin. Dadurch wird nunmehr das Thermometer an R_t gelegt. Sein augenblicklicher innerer Widerstand ergibt eine neue Modulationsfrequenz, die in der Bodenstation an einer zweiten Eichkurve in °C umgedeutet wird. Dies wiederholt sich bis zum Erreichen des 5. Kontaktes. Jetzt ertönt, wie erwähnt, die niedere Bezugsfrequenz. An einer dritten Eichkurve wird abgelesen, welchem atmosphärischen Druck diese Stellung des Kontaktarmes entspricht usw.

Der Bodenempfänger ist so ausgeführt, daß in seinem Ausgangskreis der Strom linear mit der Modulationsfrequenz zunimmt und durch ein Milliamperemeter angezeigt wird. Durch einen Schreiber werden die einzelnen Meßpunkte auf dem langsam abrollenden Prüfblatt eingetragen. Sinnreiche Einrichtungen ermöglichen es, Abweichungen von Normalwerten, die sich bei den einzelnen Sonden zeigen, zu berichtigen. Obwohl die Meßgrenzen weit gesteckt sind, nämlich 1,07 mB bis 25 mB für das Barometer, + 40°C bis — 90°C für das Thermometer und 0% bis 100% für das Hygrometer, sollen die Fehler sich hierdurch in folgenden geringen Grenzen halten: ± 0,75°C für Temperaturen über — 50°C und + 5% relative Feuchtigkeit für Temperaturen über — 20°C. *Dtl.*

Werkstatt und Baustoffe

DK 621.315.687

Volleitende Aluminium-Preßkappenverbindungen für flexible Kabel. Die Aluminium-Preßkappenverbindungen benutzen die Querschnittsflächen der Kabelenden als Leiter; diese werden durch eine Kappe überbrückt und dadurch der volle Querschnitt trotz der Oxydschichten leitend gemacht. Andererseits wird die Berührungsfläche der Verbindung dadurch vergrößert, daß zwischen Kabel und Klemme ein preßfähiges, kontaktfettgetränktes Metallgewebe eingebracht wird, welches die Hohlräume zwischen den einzelnen Drähten ausfüllt und sich mit diesen fest zusammenpreßt. Zu diesem Zweck werden die Kabelenden mit sogenannten Preßkontaktschuhen versehen, die für verschiedene Zwecke anwendbar sind.

Wie aus Bild 10 ersichtlich, werden Metallhülsen verwendet, die aus weichem Material, z. B. weich geglühtem Kupfer, bestehen. Die Kabelenden werden mit einer dem jeweiligen Querschnitt angepaßten kontaktfettgetränkten, preßfähigen Metallgewebekappe abgedeckt. Beim Überziehen dieser einseitig geschlossenen Gewebekappe wird die Oxydhaut der äußeren Drähte am Umfang des Kabels bereits beschädigt, so daß eine vorherige besondere Entfernung der Oxydhaut nicht unbedingt erforderlich ist, jedoch mittels einer Drahtbürste gesondert auch leicht bewerkstelligt werden kann. Dasselbe trifft zu für das Kopfende des Kabels, auf dessen Querschnittsfläche die Gewebekappe mittels einer Druckschraube fest aufgepreßt wird. Die Gewebekappe wird also in allen Fällen fest gegen das Kopfende des Kabels aufgepreßt, wodurch sämtliche Drähte mit vollem Querschnitt leitend und somit das Kabel im vollen Querschnitt für die Stromführung erfaßt wird. Es werden also mit diesem neuartigen Verfahren rein mechanisch die isolierenden Oxydschichten in kurzer Zeit beseitigt, und zwar ohne besondere mechanische oder chemische Hilfsmittel; es ist lediglich eine Spezialpreßzange erforderlich, um vor Anziehen der Druckschraube durch in die Preßhülse einzudrückende Kerben das Kabel unnachgiebig hierin zu verlagern. Eine einheitliche Preßzange mit auswechselbaren Matrizen genügt zur Pressung der verschiedenen Querschnitte.

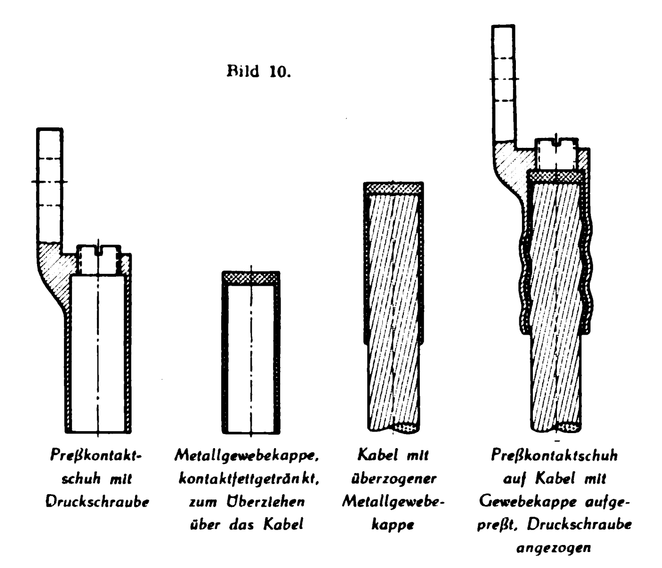


Bild 10.

Preßkontaktschuh mit Druckschraube — Metallgewebekappe, kontaktfettgetränkt, zum Überziehen über das Kabel — Kabel mit überzogener Metallgewebekappe — Preßkontaktschuh auf Kabel mit Gewebekappe aufgepreßt, Druckschraube angezogen

Das Aluminiumkabel ist somit in einer Länge von 30 bis 40 mm unter Zwischenschaltung eines in der Metallhülse von vornherein enthaltenen preßfähigen, kontaktfettgetränkten Metallgewebes völlig unnachgiebig erfaßt unter zusätzlicher Überbrückung der Oxydschichten der Einzelleiter an der Stirnfläche des Kabels. Es ist also eine erweiterte Verwendung von Aluminiumkabeln auch in solchen Fällen möglich geworden, wo die Schwierigkeit der Herstellung einwandfreier Verbindungen die Anwendung von Aluminium bisher versagte.

Für sektorförmig gelieferte Kabelquerschnitte sind entsprechend ausgebildete Preßhülsen und Gewebekappen vorgesehen. *f.*

Mathematik

DK 517.942.82 : 517.432

Laplacesche Transformation und Operatorenrechnung. [Nach K. W. Wagner, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 8, S. 502; 4½ S.]

Im technischen Schrifttum wird die Laplacesche Transformation in zwei verschiedenen Arten verwendet. Die eine führt zu der aus den praktischen Anwendungen seit langem bekannten Operatorfunktion $f(p)$, die andere benutzt die rein mathematisch definierte Bildfunktion $\varphi(p) = f(p)/p$. Es wird gezeigt, daß beide Rechnungsweisen den gleichen Anwendungs- und Geltungsbereich haben und daß mithin lediglich Zweckmäßigkeitsgründe die Wahl zwischen ihnen entscheiden können. Vom Standpunkt der technischen und physikalischen Anwendungen wird diese Frage untersucht. Es ergibt sich folgendes:

1. Die Zeitfunktion $A(t)$ und die Operatorfunktion $f(p)$ haben dieselbe Dimension. Diese Tatsache erleichtert die Nachprüfung der Formeln, was immer erwünscht ist, wenn es sich um weniger übersichtliche Berechnungen handelt. Dagegen haben $\varphi(p)$ und $A(t)$ verschiedene Dimensionen.

2. Ist $A(t)$ ein Festwert, etwa eine EMK E, so bedeutet $f(p)$ dieselbe konstante EMK; hingegen ist $\varphi(p) = E/p$ eine Funktion von p.

3. $f(p)$ hat die einfache physikalische Bedeutung der Übergangsfunktion im eingeschwungenen Zustand; ist z. B. die Spannung (EMK) gegeben und ein Strom gesucht, so bedeutet $f(p)$ den zugehörigen Scheinleitwert; ist eine Spannung gesucht, so bedeutet $f(p)$ das zugehörige Spannungsverhältnis für den eingeschwungenen Zustand. Für $\varphi(p)$ ist der Zusammenhang mit den Eigenschaften des physikalischen Systems kein so einfacher und unmittelbarer.

4. Für das Funktionenpaar $A(t)$ und $f(p)$ gilt das Ähnlichkeitsgesetz: Ersetzt man $A(t)$ durch $A(t/T)$, wobei T ein Festwert ist, so geht $f(p)$ in $f(pT)$ über. Der Ähnlichkeitssatz, das ist die reziproke Transformation der Maßstäbe im t-Bereich und p-Bereich, ist eine für die praktischen Anwendungen sehr nützliche Regel. Für die Bildfunktion gilt sie nicht.

5. Unverändert bleiben in beiden Rechnungsweisen das Additionsgesetz und die Regeln über die Verschiebung der Veränderlichen und über das Integrieren im t-Bereich. Wenig verschieden sind die Regeln für das Differenzieren in diesem Bereich. Die Regeln für die entsprechenden Operationen im p-Bereich werden für die Bildfunktion etwas einfacher. Beim Faltungssatz tritt noch eine Differentiation hinzu, wenn man die Operatorfunktion $f(p)$ benutzt.

Die unter 1 bis 4 angeführten Gesichtspunkte sind solche allgemeiner Art, während es sich beim Punkt 5 um unbedeutende Unterschiede im Rechenmechanismus handelt. Das Hauptgewicht der Gründe spricht mithin für die Bevorzugung der Operatorfunktion $f(p)$ im Bereich der praktischen Anwendungen.

AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH

Aus den Jahresberichten deutscher Elektrizitätswerke[1]). Geschäftsjahr 1940, Liste 1

DK 621.311.1.003

Nr. 1. Elektrowerke Aktiengesellschaft, Berlin.

Die wiederum gesteigerte Stromabgabe verteilt sich wieder auf die drei Gruppen, Großindustrie — Landesversorgung — Reichsbahn —, mit denen die Lieferungsvereinbarungen wesentlich erhöht wurden. Der Arbeitsbereich der AG. erweiterte sich durch Einbeziehung des Sudetenlandes und des Protektorats Böhmen und Mähren. Im Sudetenland wurde eine ganze Reihe teilweise bereits verwalteter Kraftwerksbetriebe und Kraftwerke übernommen, und Betriebsverwaltungen für den Regierungsbezirk Troppau und für den Trautenauer Bereich wurden eingerichtet. Im Protektorat wurde Beteiligung an der Zentralelektrizitätswerke AG. in Prag genommen, die als Landesversorgungsunternehmen den Ausbau der Moldau-Wasserkräfte betreiben wird, zu welchem Zwecke das Kapital dieser AG. auf 90 000 000,— K. erhöht wurde. Mit anderen Verteilungs- und Verkehrsunternehmungen wurden Beteiligungs- und Stromlieferungsverträge abgeschlossen.

Das Anlagevermögen erfuhr nach Sonderabschreibungen und Abgängen von 7,5 Mill RM eine Erhöhung um rund 76,8 Mill RM. Die Erweiterung der Anlagen ist im wesentlichen auf die Übernahme der Werke im Sudetenland zurückzuführen, daneben auf den Ausbau der Gruben der AG., die Steigerung der Leistungsfähigkeit der Kraftwerke und die Erweiterung der Übertragungsanlagen. — Bei den Beteiligungen erscheint als wesentlichster Zugang die Interessennahme an der Zentralelektrizitätswerke AG. in Prag. Innerhalb des Umlaufvermögens sind die Forderungen aus Lieferungen und Leistungen infolge des Wachsens der geschäftlichen Aufgaben auf rund 11,85 Mill RM gestiegen und die Bankguthaben, in der Hauptsache bei der Schwestergesellschaft, der Reichs-Kredit-Gesellschaft, sind mit rd. 5,05 Mill RM ausgewiesen.

Die Dividende beträgt wieder 7 %.

Nr. 2. Elektricitäts-Lieferungs-Gesellschaft, Berlin.

Die nutzbare Stromabgabe ist gegenüber dem Vorjahre um 10 % gestiegen. Das Anlagevermögen erfuhr durch normalen Ausbau, insbesondere Erweiterung und Verstärkung der Stromverteilungsanlagen der Werke, eine Erhöhung. — Die Beteiligungen erhöhten sich, teils durch Bezug von jungen Aktien aus der Erhöhung des Kapitals der Grube Leopold AG., teils durch Umwandlung eines Darlehens in Aktien der Kohlenveredelung und Schwelwerke AG.; die ELAG für die Ungarische Tiefebene, eine reine Studiengesellschaft, ist durch Liquidation erloschen. — Beim Umlaufvermögen weisen die Wertpapiere nach einem Abgang von rd. RM 977 000,— einen Stand von RM 3 140 470,— und die Bankguthaben nach einem Abgang von rd. RM 4 306 000,— einen Stand von RM 662 409,— auf. Die Mittel wurden für die Erweiterung der Anlagen und für die erwähnten Aktienankäufe verwendet. — An Verbindlichkeiten in fremder Währung sind noch sfrs 1 020 000,— = RM 837 480,— Schweizerfranken-Darlehn vorhanden; die Deutschen Schuldverschreibungen stehen nach planmäßiger Tilgung noch mit RM 1 282 500,— zu Buch. Zu erwähnen sind die Verbindlichkeiten gegenüber Konzernunternehmen, die sich um rd. RM 350 000,— vermindert haben und nur noch mit RM 3 445 143,— ausgewiesen sind, während die Bankschulden nach Tilgung von rd. RM 1 100 000,— ausgeglichen sind.

Die Dividende beträgt wieder 6 %.

Nr. 3. Bayerische Elektricitäts-Lieferungs-Gesellschaft AG., Bayreuth.

Das Anlagevermögen erfuhr durch planmäßige Neu- und Erweiterungsbauten der Leitungen und Werkanlagen eine Erhöhung. — Die Verbindlichkeiten in fremder Währung bestehen nur noch aus sfrs 211 700,— Schweizerfranken-Darlehn, das mit RM 171 477,— zu Buch steht.

Die Dividende beträgt wieder 5 %.

[1]) Letzter Bericht: ETZ 62 (1941) H. 38/39, S. 808.

Nr. 4. Thüringer Elektricitäts-Lieferungs-Gesellschaft AG., Gotha.

Das Anlagevermögen erfuhr durch den weiteren planmäßigen Ausbau der Erzeugungs- und Verteilungsanlagen eine Erhöhung. — Die Beteiligungen weisen einen geringen Zugang auf, während das Umlaufvermögen einen solchen um rund 1,05 Mill RM aufweist. Unter den Verbindlichkeiten werden RM 5 000 000,— 5 % Schuldverschreibungen und in fremder Währung sfrs 497 226,— = RM 403 548,— Schweizerfranken-Darlehn ausgewiesen.

Die AG. betreibt außer der Stromwirtschaft eine Straßenbahn mit einem Anlagewert von RM 1 919 887,— und die Thüringerwaldbahn mit dem Anlagewert von RM 4 733 116,—, während der Anlagewert des Elektrizitätswerks mit RM 38 808 412,— angegeben ist. — Die Bilanz ist eine gemeinsame, jedoch sind in der Erfolgsrechnung die Einnahmen der einzelnen Betriebe eingesetzt. — Die Dividende beträgt wieder 6 %.

Nr. 5. Elektrizitätswerk Schlesien Aktien-Gesellschaft, Breslau.

Im Geschäftsjahr 1940 trat eine weitere Steigerung des Stromabsatzes ein. — Das Anlagevermögen erfuhr eine Erhöhung infolge der Erweiterung der Kraftwerk- und Verteilungsanlagen sowie anderer notwendiger Betriebsbauten. Bei dem Umlaufvermögen haben die Wertpapiere eine Erhöhung durch Erwerb von Reichsschatzanweisungen erfahren; die Mittel hierfür stammen aus dem aufgenommenen mittelfristigen Darlehn von RM 5 000 000,—, das für die vorgesehene Erweiterung der Werkanlagen noch nicht in Anspruch genommen werden konnte.

Die AG. betreibt auch ein Bahnunternehmen und einen Omnibusbetrieb, die mit RM 6 296 000,— im Anlagevermögen enthalten und in der Ertragsrechnung gesondert aufgeführt sind. — Die Dividende beträgt wieder 6 %.

Nr. 6. Braunschweigische Kohlen-Bergwerke, Helmstedt.

Die AG. betreibt Rohkohlenförderung, Brikettfabrikation, Verwertung der Kohlenerzeugnisse sowie Erzeugung und Verwertung von elektrischem Strom. Das Kraftwerk Harbke und einige andere kleinere Werke befinden sich im Besitze der AG., die auch jetzt die Kraftwerksanlagen ihrer Tochtergesellschaft der Überland-Zentrale Helmstedt AG. zur Abgrenzung der Arbeitsgebiete der Stromerzeugung und -verteilung zwischen beiden Unternehmungen erworben hat. Aus diesem Grunde und infolge des weiteren Ausbaues der Kraftwerke und sonstiger notwendiger Bauten erhöhte sich das Anlagevermögen mit Zu- und Abgängen um rd. RM 10 600 000,—. Im Umlaufvermögen erhöhten sich die Wertpapiere, dagegen ermäßigten sich die „Forderungen aus Lieferungen und Leistungen" sowie die „Forderungen an Konzernunternehmen". Kasse und Bankguthaben sind mit rd. RM 1 555 000,— eingestellt. — Unter den Verbindlichkeiten, die insgesamt um rd. RM 1 450 000,— höher ausgewiesen sind, stehen die Hypotheken mit RM 14 281 680,— zu Buch.

Die Bilanz ist für alle Betriebe gemeinsam, doch geht aus den Bilanzziffern hervor, daß von dem mit RM 105,92 Mill ausgewiesenen Anlagevermögen auf die elektrischen Werkanlagen RM 57,86 Mill entfallen. Von der oben genannten Steigerung des Anlagevermögens sind rd. RM 3,80 Mill für die elektrischen Betriebe verwendet worden.

Die Dividende beträgt wieder 10 %.

Nr. 7. Steiermärkische Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Graz.

Das Anlagevermögen erfuhr eine geringe Erhöhung durch die Errichtung von Verteilungsanlagen. — Bei den Beteiligungen trat eine Verminderung durch Abschreibung der Beteiligung an der Oesterr. Baugesellschaft für Verkehrs- und Kraftanlagen ein, deren Liquidation beendet und deren Firma im Handelsregister gelöscht worden sind. — Das Umlaufvermögen zeigt insgesamt eine Steigerung um rd. RM 200 000,—; die flüssigen Mittel — Wertpapiere, Kasse und Bankguthaben — sind mit rd. RM 2 172 000,— eingestellt. — Bei den Verbindlichkeiten, die nur geringe Veränderung zeigen, nehmen die „Verbindlichkeiten gegenüber Konzernunternehmen" mit RM 3 877 675,— den bei weitem größten Platz ein.

Die Dividende ist auf 5 % festgesetzt worden.

Vermögensaufstellung und Ertragsrechnung

Geschäftsjahr 1940, Liste 1

Die Zahlen des letzten Geschäftsjahres sind in stärkeren, stehenden Ziffern, die der früheren Jahre in schwächeren, schrägen Ziffern gedruckt. Die Werte sind in 1000 RM angegeben.

Lfd. Nr.	Namen Wohnsitz	letzte Veröffentlichung i. d. ETZ	letztes Geschäftsjahr	Aktiva			Vermögensaufstellung	Passiva					Ausgaben					Ertragsrechnung	Erträgnisse		verteilte Dividende
				Anlagevermögen	Beteiligungen	Umlaufsvermögen	Summe	Aktien- oder Grundkapital	Reserven u. Rücklagen	Wertberichtigungen	Verbindlichkeiten	Reingewinn	Betriebs- und Geschäftsunkosten	Abschreibungen u. Rücklagen	Zinsen	Steuern und soziale Abgaben	Reingewinn	Summe	aus Betrieb	sonstige	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Elektrowerke A.G., Berlin	1940 S. 919 Nr. 1	1. 1.—31. 12. 40	415 446 *341 172*	76 000 *73 500*	38 214 *43 816*	529 660 *458 488*	130 000 *130 000*	66 848 *40 750*	166 048 *171 870*	157 584 *106 324*	9 180 *9 544*	23 535 *19 592*	27 852 *21 437*	4 445 *1 608*	13 425 *11 773*	9 180 *9 544*	78 437 *63 954*	71 901 *57 697*	6 536 *6 257*	7 *7*
2	Elektricitäts-Lieferungs-Gesellschaft, Berlin	1941 S. 163 Nr. 64	1. 1.—31. 12. 40	17 853 *17 243*	40 458 *36 102*	8 255 *14 296*	66 566 *67 641*	26 040 *26 040*	10 564 *11 172*	20 772 *18 810*	7 104 *9 609*	2 086 *2 010*	8 284 *8 121*	2 507 *2 075*	68 *76*	1 702 *1 578*	2 086 *2 010*	14 647 *13 858*	10 983 *10 876*	3 664 *2 982*	6 *6*
3	Bayerische Elektricitäts-Lieferungs-Ges. AG., Bayreuth	1940 S. 919 Nr. 3	1. 1.—31. 12. 40	28 596 *27 705*	6 *0*	4 517 *3 991*	33 119 *31 696*	15 000 *15 000*	2 082 *1 972*	14 260 *13 076*	867 *749*	910 *899*	5 821 *6 312*	1 321 *1 300*	0 *0*	1 461 *1 555*	910 *899*	9 513 *10 066*	9 140 *9 782*	373 *284*	5 *5*
4	Thüringer Elektricitäts-Lieferungs-Ges. AG., Gotha	1941 S. 163 Nr. 66	1. 1.—31. 12. 40	46 250 *44 827*	205 *155*	7 423 *6 373*	53 878 *51 355*	17 600 *17 600*	6 638 *5 287*	21 901 *20 112*	6 475 *7 094*	1 264 *1 262*	8 941 *8 631*	2 197 *2 174*	148 *187*	3 125 *2 833*	1 264 *1 262*	15 675 *15 087*	13 848 *13 820*	1 827 *1 267*	6 *6*
5	Elektrizitätswerk Schlesien AG., Breslau	1940 S. 919 Nr. 5	1. 1.—31. 12. 40	88 006 *86 299*	0 *0*	11 822 *7 889*	99 828 *94 188*	36 300 *36 300*	7 179 *6 394*	27 809 *25 925*	26 271 *23 300*	2 269 *2 269*	5 026 *5 050*	3 312 *2 970*	831 *847*	3 910 *3 658*	2 269 *2 269*	15 348 *14 794*	14 836 *13 088*	512 *1 706*	6 *6*
6	Braunschweigische Kohlen-Bergwerke, Helmstedt	1941 S. 59 Nr. 34	1. 1.—31. 12. 40	105 916 *95 301*	1 881 *2 002*	9 011 *8 873*	116 808 *106 176*	20 000 *20 000*	11 911 *11 988*	58 624 *49 380*	24 125 *22 663*	2 148 *2 145*	11 467 *10 266*	11 616 *12 207*	678 *742*	8 599 *8 897*	2 148 *2 145*	34 508 *34 257*	33 857 *23 769*	651 *488*	10 *10*
7	Steiermärkische Elektrizitäts-AG., Graz	1941 S. 59 Nr. 27	1. 1.—31. 12. 40	16 725 *16 525*	1 *67*	3 075 *2 871*	19 801 *19 463*	6 660 *6 660*	2 020 *1 966*	6 528 *6 594*	4 220 *4 243*	373 —	747	487 Reichsmark-Eröffnungsbilanz zum 1. Januar 1940	131	621	373	2 359	2 351	8	5 —
8	Elektrizitäts-AG. Mitteldeutschland, Kassel	1940 S. 919 Nr. 18	1. 1.—31. 12. 40	32 172 *31 365*	1 428 *1 428*	10 704 *9 911*	44 304 *42 704*	28 000 *28 000*	2 315 *1 840*	9 948 *8 829*	2 362 *2 361*	1 679 *1 674*	4 045 *4 348*	1 756 *1 460*	0 *0*	2 091 *1 893*	1 679 *1 674*	9 571 *9 375*	8 860 *8 812*	711 *563*	5 *5*
9	Hannover-Braunschweigische Stromversorgungs-AG., Hannover	1940 S. 919 Nr. 12	1. 1.—31. 12. 40	30 833 *30 151*	4 300 *4 300*	9 523 *8 759*	44 656 *43 210*	16 000 *16 000*	2 564 *2 516*	18 194 *15 263*	6 939 *8 540*	959 *891*	1 816 *2 178*	3 269 *1 641*	174 *222*	3 137 *2 468*	959 *891*	9 355 *7 400*	8 046 *6 873*	1 309 *527*	6 *6*
10	Großkraftwerk Franken AG., Nürnberg	1941 S. 59 Nr. 38	1. 1.—31. 12. 40	28 042 *27 878*	10 *10*	10 023 *7 075*	38 075 *34 963*	7 313 *7 313*	9 719 *7 537*	18 893 *17 658*	1 655 *1 961*	495 *494*	280 *250*	3 346 *3 271*	0 *0*	3 363 *2 166*	495 *494*	7 484 *6 181*	7 211 *6 031*	273 *150*	6 *6*
11	Kraftübertragungswerke Rheinfelden, Rheinfelden (Baden)	1940 S. 919 Nr. 22	1. 1.—31. 12. 40	30 211 *29 408*	8 528 *8 528*	6 434 *6 852*	45 173 *44 788*	14 000 *14 000*	4 550 *5 300*	13 453 *11 468*	12 238 *13 087*	932 *933*	1 565 *1 886*	1 383 *1 459*	237 *263*	2 040 *1 763*	932 *933*	6 157 *6 304*	5 613 *5 779*	544 *225*	6 *6*
12	Grube Leopold AG., Bitterfeld	1940 S. 919 Nr. 7	1. 1.—31. 12. 40	19 961 *15 121*	2 671 *2 671*	5 621 *6 358*	28 253 *24 150*	10 550 *7 050*	3 152 *2 283*	250 *259*	13 699 *13 967*	602 *591*	3 606 *3 541*	2 416 *2 133*	732 *689*	2 127 *1 933*	602 *591*	9 483 *8 887*	9 234 *8 687*	249 *200*	6 *6*
13	Neckarwerke AG., Eßlingen	1940 S. 919 Nr. 10	1. 1.—31. 12. 40	50 214 *48 526*	2 208 *2 208*	8 117 *9 114*	60 539 *59 848*	30 000 *30 000*	4 778 *4 724*	15 880 *15 106*	8 304 *8 527*	1 577 *1 491*	2 091 *2 189*	1 751 *1 522*	310 *236*	2 343 *2 245*	1 577 *1 491*	8 072 *7 783*	7 637 *7 293*	435 *490*	5,5 *5,5*
14	Steirische Wasserkraft- und Elektrizitäts-AG., Graz	1940 S. 919 Nr. 18	1. 1.—31. 12. 40	75 321 *68 432*	54 *50*	2 829 *1 942*	78 204 *70 424*	22 200 *22 200*	11 193 *9 358*	22 723 *21 458*	20 601 *15 925*	1 487 *1 483*	871 *971*	3 766 *1 939*	798 *686*	1 283 *1 571*	1 487 *1 483*	8 205 *6 650*	7 980 *6 610*	225 *40*	6 6
15	Kommunales Elektrizitätswerk Mark AG., Hagen	1941 S. 59 Nr. 28	1. 1.—31. 12. 40	76 336 *71 153*	29 *49*	16 543 *18 418*	92 908 *89 620*	15 000 *15 000*	3 515 *3 780*	50 238 *47 854*	23 113 *21 929*	1 042 *1 057*	3 771 *3 538*	3 193 *3 135*	723 *563*	2 347 *2 455*	1 042 *1 057*	11 076 *10 748*	10 828 *10 661*	248 *87*	7 *7*
16	Koblenzer Elektrizitätswerk u. Verkehrs-AG., Koblenz	—	1. 1.—31. 12. 40	21 148	5	3 732	24 885	12 000	1 833	7 540	2 889	623	793	459	6	1 379	628	3 265	3 237	28	5
17	Ostpreußenwerk AG., Königsberg i. Pr.	1940 S. 919 Nr. 20	1. 1.—21. 12. 40	98 204 *83 699*	41 *41*	13 188 *12 228*	111 433 *95 968*	26 000 *26 000*	5 427 *5 084*	43 446 *37 005*	35 260 *26 488*	1 300 *1 391*	3 597 *3 401*	7 347 *4 810*	806 *570*	1 830 *2 462*	1 300 *1 391*	14 880 *12 634*	13 813 *12 296*	1 067 *368*	5 *5*
18	Thüringer Gasgesellschaft, Leipzig	1940 S. 919 Nr. 15	1. 1.—31. 12. 40	25 661 *25 646*	22 244 *23 955*	23 608 *17 882*	71 513 *67 483*	28 000 *28 000*	14 242 *12 102*	19 289 *18 515*	7 836 *6 720*	2 146 *2 146*	2 053 *2 257*	3 194 *2 735*	0 *0*	2 390 *2 594*	2 146 *2 146*	9 783 *9 732*	6 187 *6 192*	3 596 *3 540*	7 *7*
19	Oesterreichische Kraftwerke AG., Linz a. d. Donau	1941 S. 59 Nr. 32	1. 1.—31. 12. 40	90 607 *79 110*	157 *153*	5 939 *7 611*	96 703 *86 874*	30 000 *30 000*	9 687 *8 024*	31 575 *29 789*	23 861 *17 505*	1 580 *1 556*	2 995 *2 245*	3 398 *2 662*	864 *575*	1 920 *1 635*	1 580 *1 556*	10 757 *8 673*	10 214 *8 564*	543 109	5 2,8
20	AG. für Licht- u. Kraftversorgung, München	1941 S. 59 Nr. 36	1. 1.—31. 12. 40	3 078 *3 164*	2 181 *2 163*	1 905 *2 675*	7 164 *8 002*	3 000 *3 000*	1 087 *1 117*	1 901 *1 918*	936 *1 733*	240 *234*	997 *1 132*	148 *151*	0 *0*	459 *393*	240 *234*	1 844 *1 910*	1 420 *1 578*	424 *332*	6 *6*
21	Innwerk AG., München	1940 S. 919 Nr. 21	1. 1.—31. 12. 40	85 651 *70 522*	84 *72*	4 441 *2 672*	90 176 *73 266*	25 000 *25 000*	7 105 *6 718*	14 676 *13 018*	41 895 *27 379*	1 500 *1 151*	1 013 *1 114*	2 070 *1 952*	1 015 *1 248*	1 834 *1 578*	1 500 *1 151*	7 432 *7 043*	7 393 *6 860*	39 *183*	6 *6*
22	Thüringenwerk AG., Weimar	1941 S. 59 Nr. 40	1. 1.—31. 12. 40	17 621 *17 597*	11 092 *11 092*	5 109 *4 514*	33 822 *33 203*	22 200 *22 200*	1 495 *1 292*	6 843 *6 035*	1 920 *2 451*	1 364 *1 225*	366 *370*	1 054 *946*	0 *0*	1 272 *1 248*	1 364 *1 225*	4 056 *3 789*	3 489 *3 322*	567 *467*	5 *5*

Nr. 8. Elektrizitäts-Aktiengesellschaft Mitteldeutschland, Kassel.

Der Stromabsatz stieg im Berichtsjahre um 4,3 %. — Das Anlagevermögen wuchs um rd. RM 800 000,— infolge planmäßiger Verbesserung und Verstärkung der Stromversorgungsanlagen. Bei dem insgesamt um rd. RM 800 000,— erhöhten Umlaufvermögen sind die Wertpapierbestände um RM 675 000,— höher ausgewiesen.

Die Dividende beträgt wieder 5 %.

Nr. 9. Hannover-Braunschweigische Stromversorgungs-AG., Hannover.

Die Stromabgabe ist weiterhin gegenüber dem Vorjahre nicht unerheblich gestiegen. — Das Anlagevermögen weist einen Nettozugang um RM 682 100,— auf und das Umlaufvermögen hat einen Zuwachs um RM 766 200,— erfahren, wobei besonders die Erhöhung der „Forderungen an Konzernunternehmen" mit RM 1 676 200,— und die Verringerung des Wertpapierbestandes um RM 105 690,— zu erwähnen sind. — Die Verbindlichkeiten sind insgesamt um RM 1 600 800,— geringer geworden. Die Verbindlichkeiten gegenüber Konzernunternehmen sind mit RM 1 333 735,— angegeben, während Bankschulden mit RM 4 425 518,— eingestellt sind, in welchem Posten der nach planmäßiger Tilgung noch sfrs 3 366 700,— = RM 1 953 000,— betragende Schweizerfranken-Kredit enthalten ist.

Im Beteiligungsverhältnis der Preußen-Elektra zur AG. sind nom. RM 40 000,— Konsortialaktien an den Landkreis Hildesheim veräußert worden, so daß die Konsortialbeteiligung auf nom. RM 1 640 000,— zurückgegangen ist.

Die Dividende beträgt wieder 6 %.

Nr. 10. Großkraftwerk Franken Aktiengesellschaft, Nürnberg.

Die Stromabgabe erhöhte sich gegenüber dem Vorjahre um 15 %. Beim Anlagevermögen betreffen die Zugänge im wesentlichen Erweiterungen des Netzes und der maschinellen Einrichtungen. Beim Umlaufvermögen erhöhte sich der Bestand der Wertpapiere über RM 1 500 000,— durch den Ankauf von Reichsschatzanweisungen, das Bankguthaben ist mit RM 3 012 300,— ausgewiesen. — Die Verbindlichkeiten sind um rd. RM 300 000,— zurückgegangen.

Die AG. steht im verbundwirtschaftlichen gegenseitigen Zusammenarbeiten mit der Bayernwerk AG. München.

Die Dividende beträgt wieder 6 %.

Nr. 11. Kraftübertragungswerke Rheinfelden, Rheinfelden (Baden).

Die verkaufte Strommenge erhöhte sich erheblich gegenüber dem Vorjahre. — Die Erhöhung des Anlagevermögens betrifft die Ergänzung und Erneuerung der Anlagen und der Verteilungsnetze. — Beim Umlaufvermögen verminderte sich der Bestand an Wertpapieren im wesentlichen um den Besitz an Steuergutscheinen. Auf „Darlehen und Vorschüsse" wurden, wie in den letzten Jahren, wieder RM 212 709,— abgeschrieben, nachdem die AG. zusammen mit den anderen Aktionären der Schluchseewerk AG. auf einen Teil der Forderung verzichtet hatte. Bei den Verbindlichkeiten ermäßigte sich der Betrag für die Teilschuldverschreibungen gegenüber dem Vorjahre um RM 932 310,—.

Die Dividende beträgt wieder 6 %.

Nr. 12. Grube Leopold Aktiengesellschaft, Bitterfeld.

An die Leistungsfähigkeit aller Betriebe der AG. wurden im Kriegsjahr 1940 große Anforderungen gestellt, und Kohlenförderung, Brikettherstellung und Stromerzeugung sind weiter gestiegen. — Das Grundkapital wurde um RM 3 500 000,— auf RM 10 550 000,— erhöht. Die neuen Mittel sind zur Finanzierung der in Arbeit befindlichen Bauvorhaben bestimmt, und das Anlagevermögen hat eine Steigerung um rd. 4,84 Mill RM erfahren, wogegen sich das Umlaufvermögen um 0,73 Mill RM verminderte. — Unter den Verbindlichkeiten weisen die Bankschulden eine Erhöhung um RM 1 000 000,—, dagegen die Verbindlichkeiten gegenüber Konzernunternehmen eine Senkung um rd. RM 370 000,— aus. — Die Bilanz und Ertragsrechnung ist für alle Betriebe der AG. gemeinsam. — Die Dividende beträgt wieder 6 %.

Nr. 13. Neckarwerke Aktiengesellschaft, Eßlingen a. N.

Das Aktienkapital erhöhte sich durch Vollzahlung weiterer RM 1 000 000,— jg. Aktien, so daß dasselbe jetzt aus RM 20 000 000,— Vollaktien und RM 10 000 000,— jungen zu 65 % eingezahlten Aktien besteht. Das noch nicht eingezahlte Aktienkapital von RM 3 500 000,— ist beim Umlaufvermögen als ausstehende Forderung eingereiht worden. Das Anlagevermögen fand eine Erhöhung um rd. 1,7 Mill RM durch Um- und Erweiterungsbau eines Kraftwerkes sowie des Hochspannungsnetzes und Erweiterung und Verbesserung der Ortsnetze. Unter den Verbindlichkeiten ist die Obligationsanleihe von 1936 zu erwähnen, die nach planmäßiger Tilgung noch mit RM 6 549 600,— zu Buch steht. Die Dividende beträgt wieder 5½ %.

Nr. 14. Steierische Wasserkraft- und Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Graz.

Der Absatz der elektrischen Energie hat gegenüber dem Vorjahre um 12,4 % zugenommen.

Das Anlagevermögen hat infolge der Übernahme der Burgenländischen Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H., Graz, die im Wege der Umwandlung aufgenommen wurde, und durch Erweiterungen der Werks- und Leitungsanlagen eine Erhöhung um rd. 6,4 Mill RM erfahren. — Die Beteiligungen ermäßigten sich um RM 50 000,— Burgenländ. Elektrizitäts-Anteile, wogegen RM 57 000,— weitere Anteile der Ennswerke G.m.b.H. erworben wurden. — Unter den Verbindlichkeiten haben sich die Dollaranleihe und die Reichsmarkanleihe um die normale Tilgung verringert; die 6 % Dollaranleihe von 1929 steht noch mit RM 497 650,— und die Reichsmarkanleihe mit RM 6 209 800,— zu Buch. Ferner sind zu erwähnen die Verbindlichkeiten gegenüber Konzernunternehmen mit RM 2 800 000,—, die Bankschulden mit RM 6 264 500,— und die laufenden Akzepte in Höhe von RM 2 410 000,—. Die Dividende beträgt wieder 6 %.

Nr. 15. Kommunales Elektrizitätswerk Mark Aktiengesellschaft, Hagen.

Die Steigerung der Stromerzeugung hat sich weiter fortgesetzt. Das Anlagevermögen weist in den Sachwerten einen Zuwachs von rd. RM 5,3 Mill aus; dieser Zugang betrifft im wesentlichen den Ausbau der Netzanlagen, das im Bau befindliche neue Kraftwerk und sonstige Erneuerungsbauten. — Die Beteiligungen weisen einen Zugang von RM 10 000,— auf, dem gegenüber RM 30 000,— Abschreibungen stattgefunden haben. — Das Umlaufvermögen ist insgesamt um RM 1,9 Mill niedriger eingestellt. Hier hat der Gesamtbestand der flüssigen Mittel um rd. RM 4,45 Mill abgenommen; davon wurden rd. RM 1,8 Mill zum Ankauf von Wertpapieren als kurzfristige Anlage, der Rest zur Leistung von Zahlungen auf Anlagenerweiterungen verwendet. — Die Verbindlichkeiten erhöhten sich um rd. RM 1,2 Mill. Zu erwähnen sind hier nom. RM 15 000 000,— Teilschuldverschreibungen von 1939 und RM 695 860,— aufgewertete Darlehen sowie der Posten von RM 5 557 622,— Guthaben der Ruhegehalts- und Ruhelohnfonds. — Die Dividende beträgt wieder 7 %.

Nr. 16. Koblenzer Elektrizitätswerk und Verkehrs-Aktiengesellschaft, Koblenz.

Die nutzbare Stromabgabe hatte eine Zunahme um 1,7 % zu verzeichnen. Die AG. betreibt neben dem E.-Werk auch ein Bahnunternehmen. Die Anlagewerte beider Betriebe sind in der sonst gemeinsamen Bilanz einzeln aufgeführt; die Anlagen des Bahnbetriebes sind mit RM 5 784 211,— und die des E.-Betriebes mit RM 15 364 053,— eingestellt. Außer einer Gesamt-Erfolgsrechnung wird für jeden Betrieb noch eine Sonder-Erfolgsrechnung aufgestellt. Das Anlagevermögen erfuhr eine Erhöhung um rd. RM 331 000,—, wovon auf den Bahnbetrieb RM 66 700,— entfallen. Unter dem Umlaufvermögen ist eine Forderung an eine nahestehende Gesellschaft mit RM 2 249 620,— ausgewiesen. — An Verbindlichkeiten in fremder Währung sind sfrs 2 500 000,— = RM 2 030 545,— Schweizerfranken-Darlehn von 1935 vorhanden.

Die Dividende beträgt 5 %.

Nr. 17. Ostpreußenwerk Aktiengesellschaft, Königsberg i. Pr.

Die Stromabgabe hat um 13,6 % gegenüber dem Vorjahre zugenommen. Das Anlagevermögen hat nach Aussonderung der Umbuchungen unter Berücksichtigung der Zu- und Abgänge eine Erhöhung um rd. RM 14 782 000,— erfahren. Die Zugänge sind auf die planmäßige Erweiterung der Betriebsanlagen sowie auf die Übernahme mehrerer Ortsnetze zurückzuführen. — Beim Umlaufvermögen wurden die Wertpapiere durch eigene Vorratsbonds zur Durchführung der planmäßigen Tilgung der Dollaranleihe vermindert. Die Forderungen an Konzernunternehmen sind mit RM 2 796 036,— und Bankguthaben mit RM 888 370,— eingestellt.

Die Verbindlichkeiten erhöhten sich insgesamt um rund RM 960 000,—. Die Anleihen- und Darlehnsverpflichtungen sind planmäßig getilgt worden und zur Finanzierung der Bauten sind im Berichtsjahre weitere langfristige Darlehen in Höhe von RM 9 000 000,— aufgenommen worden. Die Erhöhung der Liefer- und Leistungsschulden um rd. RM 2 100 000,— erklärt sich daraus, daß Rechnungen für größere Bauten erst unmittelbar vor dem Bilanzstichtage eingereicht wurden. Die

Bankschulden verminderten sich um RM 2 500 000,— und stehen nur noch mit RM 1 000 000,— vermerkt. Von den sonstigen Verbindlichkeiten sind zu erwähnen: $ 1 899 000 je 4,20 = RM 7 975 800,— Auslandanleihe, RM 1 863 000,— Reichsschatzverschreibungen, RM 1 197 513,— Kohlenwertanleihe, RM 16 861 248,— Darlehnsverbindlichkeiten und RM 1 675 969,— Schulden an Konzernunternehmen. — Die Dividende beträgt wieder 5 %.

Nr. 18. Thüringer Gasgesellschaft, Leipzig.

Die AG. unterhält zwei Abteilungsbetriebe, und zwar für Gas und dessen Nebenprodukte und für Herstellung und Vertrieb von elektrischem Strom, und ist an einer großen Anzahl von verwandten Unternehmen beteiligt. Für beide Energiearten werden Bilanz und Ertragsrechnung gemeinsam aufgestellt. Das Berichtsjahr zeigte trotz des Krieges beim Gas- und Stromabsatz eine weitere Aufwärtsentwicklung; die Stromabgabe steigerte sich gegenüber dem Vorjahre um 12,1 %. Das Anlagevermögen erhöhte sich insgesamt um RM 389 000,— in den Zugängen, denen RM 359 000,— Abgänge und Abschreibungen gegenüberstehen. Die Beteiligungen stiegen infolge der Kapitalserhöhung einer AG. sowie durch Leistung weiterer Einzahlungen und Erwerb weiterer Aktien, verminderten sich dagegen um einen kleinen Abgang und um die mit RM 2 030 000,— vorgenommene Abschreibung. Das Umlaufvermögen vergrößerte sich insgesamt um rd. RM 5 726 000,—. Die Wertpapiere sind hier mit einem Bestande von RM 11 220 924,— nach einem Zugange von RM 8 112 000,— ausgewiesen; dagegen sind Forderungen an Konzernunternehmen sowie Bankguthaben niedriger geworden. Bei den um insgesamt um RM 1 116 000,— erhöhten Verbindlichkeiten ist besonders die starke Erhöhung der Guthaben der Konzernunternehmen zu erwähnen. Die Bankschulden sind mit RM 3 752 100,— ausgewiesen. — Die Dividende beträgt wieder 7 %.

Nr. 19. Oesterreichische Kraftwerke Aktiengesellschaft, Linz a. d. Donau.

Die Stromabgabe erhöhte sich um 21,2 % gegenüber dem Vorjahre. — Einige kleine Elektrizitätswerke wurden erworben und weitere Elektrizitätsgenossenschaften in unmittelbare Versorgung übernommen. Das Anlagevermögen erfuhr eine bedeutende Erhöhung. — Das Grundkapital steht letztmalig noch mit RM 30 000 000,— zu Buch, da die Erhöhung auf RM 40 000 000,— am 4. 1. 1941 durchgeführt wurde, wodurch die Abdeckung der Bankschulden und ihre Umwandlung in Gesellschaftskapital ermöglicht werden wird. — Die Dividende beträgt 5 %.

Die Hauptversammlung vom 19. Mai 1941 erteilte die Genehmigung, die Firma in „Kraftwerke Oberdonau Aktiengesellschaft" abzuändern.

Nr. 20. Aktiengesellschaft für Licht- und Kraftversorgung, München.

Der Strom- und Gasverkauf bewegte sich weiter in aufsteigender Linie; die AG. betätigt sich in beiden Energiearten. — Beim Anlagevermögen wurden Veränderungen und Erweiterungen vorgenommen. Der Abgang umfaßt unter anderem den Verkauf der Anlagen Volkach und Astheim. — Die Beteiligungen haben sich durch Zukauf von Aktien bereits bestehender Beteiligungen erhöht. — Die im Umlaufvermögen enthaltenen Forderungen an Konzernunternehmen betreffen an Tochtergesellschaften gegebene Darlehen. — Die Verbindlichkeiten gegenüber Konzernunternehmen sind infolge Rückzahlung der von der Thüringer Gasgesellschaft, Leipzig, zur Verfügung gestellten Mittel entsprechend niedriger ausgewiesen. Die Bilanz zeigt eine gute Flüssigkeit. Die Dividende beträgt wieder 6 %.

Nr. 21. Innwerk Aktiengesellschaft, München.

Die Stromerzeugung hielt sich auf der Höhe des Vorjahres. Beim Anlagevermögen hat sich der Buchwert der in Betrieb befindlichen Anlagen nur unwesentlich verändert. Die Zugänge sind hauptsächlich durch den weiteren Ausbau einer Freiluftanlage sowie weiteren Ausbaues in drei Kraftwerksstufen verursacht worden. — Die Beteiligungen haben einen geringen Zugang zu verzeichnen. Beim Umlaufvermögen sind die Forderungen an Konzernunternehmen im wesentlichen durch die beim Jahresschluß noch nicht bezahlten Stromlieferungen entstanden. Das Hypotheken-Disagio-Konto von RM 483 450,— enthält auch das Disagio nebst Unkosten der aufgenommenen Anleihe von RM 22 000 000,—; das Konto wird durch alljährliche Teilabschreibungen getilgt werden. Unter den um rd. 14,5 Mill RM erhöhten Verbindlichkeiten ist die genannte hyp. ges. Anleihe nach Abzug der ersten Tilgungsquote mit RM 21 890 000,— ausgewiesen; außerdem gewährte die Muttergesellschaft der AG., die VIAG, zur Fortführung der Bauten einen Überbrückungskredit, der mit RM 12 058 000,— eingesetzt ist. Zur Ablösung dieses Kredites und anderer Schuldverpflichtungen ist eine weitere Anleihe von RM 20 000 000,— auf der gleichen Basis abgeschlossen, die jedoch erst im nächsten Geschäftsjahr in Erscheinung tritt. Die Dividende beträgt wieder 6 %.

Nr. 22. Thüringenwerk Aktiengesellschaft, Weimar.

Der Stromabsatz steigerte sich um 15 %. — Beim Anlagevermögen erfuhren die Freileitungen einen größeren Zugang, der im wesentlichen aus der Aktivierung der inzwischen fertiggestellten Leitungsstrecken herrührt. — Das um rund RM 595 000,— vermehrte Umlaufvermögen weist über RM 3 100 000,— flüssige Mittel an Kasse, Bankguthaben und Wertpapieren aus. — Die Dividende beträgt wieder 5 %.

Ksn.

DK 621.311.1(471.1)

Zukunftsmöglichkeiten der Energieversorgung Finnlands[1]). [Nach Kraft och Ljus (1941) S. 115; 10 S., 9 B.]

Auf Grund der Anfang dieses Jahrhunderts herausgekommenen Statistik über die Energieerzeugung für die Städte Finnlands und auf Grund der Feststellung des gesamten Energieverbrauches ab 1930, kann der Strombedarf im Jahre 1960 auf etwa 10 Mrd kWh geschätzt werden. Zur Erzeugung dieser elektrischen Arbeit sollen in erster Linie die verfügbaren Wasserkräfte herangezogen werden. Rechnet man bei den von den großen Binnenseen kommenden Flüssen mit einer mittleren Wassermenge bei normalem Wasserstand und bei den übrigen Flüssen mit der mittleren Niederwassermenge, so können etwa 10 Mrd kWh erzeugt werden. In verschiedenen Teilen des Landes übersteigt die Stromerzeugung durch Wasserkraft den Stromverbrauch, so daß vom Oulu-Fluß und den nördlich davon gelegenen Gebieten eine Leistung von etwa 400 bis 500 MW nach den südlicheren Teilen des Landes übertragen werden muß, obwohl für die nördlicher gelegenen Teile des Landes mit einer erheblich größeren jährlichen Zunahme des Energieverbrauches gerechnet wurde als in den übrigen Landesteilen.

Für die Übertragung dieser Leistung ist ein großes Übertragungsnetz erforderlich, dessen Erstellung einer weitgehenden Zusammenarbeit unter den Stromlieferanten und Verteilergesellschaften bedarf.

Bei den einzelnen Wasserkraftwerken gehen jährlich viele Millionen Kilowattstunden verloren, da der Strombedarf nicht der Erzeugungsmöglichkeit entspricht. Falls alle diese Werke an ein Landesnetz angeschlossen wären, könnten diese Energiemengen gut ausgenutzt werden. Die Wasserwirtschaft wird also die Gesamtplanung der Elektrizitätswirtschaft bei den Regulierungen der Gewässer berücksichtigen müssen.

In besonders wasserarmen Jahren müßten Dampfkraftwerke als Reserve dienen, wobei Anlagen mit Gegendruckturbinen in größerem Umfang als bisher zur Energieerzeugung herangezogen werden müssen, um hierdurch Brennstoffe, die in Finnland nur spärlich vertreten sind, zu sparen. Kleinere Wasserkraftwerke können ebenfalls, wenn sie von Anfang an als unselbständige Hilfswerke großer Verteilungsnetze gedacht sind, erheblich billiger erstellt werden.

Es gibt viele Möglichkeiten zur Durchführung einer planmäßigen Energiewirtschaft, aber eine der wichtigsten Voraussetzungen ist die weitgehende Zusammenarbeit unter allen Energieerzeugern und -verteilern. *Atn.*

[1]) Siehe auch V. Veijola, Die Elektrizitätswirtschaft Finnlands am Ende des Jahres 1934, ETZ 57 (1936) S. 591.
Eine Karte befindet sich in der ETZ 55 (1934) S. 745.

Handelsregistereintragungen. — Foen Werke GmbH., Berlin NW 7, Friedrichstr. 131 d (480 000 RM): Herstellung und Vertrieb von elektrischen Warmluftapparaten, elektrischen Heiz- und Kochapparaten, u. zw. insbesondere unter dem für die Electricitäts-Gesellschaft „Sanitas" m.b.H. in Berlin eingetragenen Warenzeichen „Foen" sowie auch Herstellung und Vertrieb von sonstigen elektrischen bzw. elektromedizinischen Apparaten und Geräten. — „Lovakabel" Lorenz-Vacha-Hochfrequenz-Kabel-GmbH., Berlin-Tempelhof, Lorenzweg (60 000 RM): Verwertung gemeinsamer Arbeiten auf dem Gebiet der Hochfrequenzkabel.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Fachversammlung

des Fachgebietes „Elektrische Bahnen"

Leiter: Professor Dr.-Ing. P. Müller VDE.

Vortrag

des Herrn Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE, Berlin, am Dienstag, dem 25. November 1941, 18⁰⁰, in der Technisch. Hochschule, zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Massengüter- und Fernschnellverkehr mit elektrischem Zugbetrieb".

Inhaltsangabe:

Aufgabenstellung,

Massengüterverkehr

Elektrische Lokomotiven (Fahrwiderstände und Fahrwiderstandsleistungen, Spezifischer Arbeitsverbrauch),

Fernschnellverkehr

Fahrzeuge für Fernschnellverkehr (Fahrwiderstände und Fahrwiderstandsleistungen; Verhalten von Lokomotiv- und Triebzügen in Steigungen; Fahrschaulinien und Fahrzeitzuschlag (Mehrzeit); Spezifischer Arbeitsverbrauch).

Ortsfeste Anlagen der Stromversorgung (Stromzuführung zu den Triebfahrzeugen; Zahl der Triebfahrzeuge, Kraftwerke und Unterwerke).

Zusammenfassung.

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung

Ort: VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer

Stromrichter. Leiter: Dr.-Ing. habil. W. Schilling VDE.
24. November 1941, 18⁰⁰, Vortragsreihe: Sonderfragen der Stromrichtertechnik. „Messungen an Stromrichtergefäßen". Vortragender: Dr.-Ing. G. Reinhardt VDE.

Installationstechnik. Leiter: Dipl.-Ing. R. Schamberger VDE.
25. November 1941, 18⁰⁰, „Erfahrungen aus der Installationspraxis des Elektrohandwerks: Installation in feuchten Räumen, insbesondere Luftschutzräumen". Vortragender: Elektromeister: H. Friedrich.

Elektrotechnisches Rechnen. Leiter: Dr.-Ing. L. Mirow VDE.
26. November 1941, 18⁰⁰, Vortragsreihe: Die symbolische Methode in der Wechselstromtechnik. „Ortskurventheorie I. Teil". Vortragender: Dr.-Ing. L. Mirow VDE.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
27. November 1941, 18⁰⁰, **Technische Hochschule, Hörsaal HG 25.** Vortragsreihe: Sendertechnik. „Die Schwingungserzeugung, Arbeitsweise und Schaltungen". Vortragender: Dr. H. Zumbusch.

Hochspannungstechnik. Stellv. Leiter: Dipl.-Ing. Fr. Schultheiss VDE.
28. November 1941, 18⁰⁰, Vortragsreihe: Kurzschlußströme in Hochspannungsnetzen. „Ermittlung der Kurzschlußströme durch Berechnung". Vortragender: Dipl.-Ing. R. Jiretz VDE.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
1. Dezember 1941, 18⁰⁰, Vortragsreihe: Erdschlußprobleme. „Messung des Kompensationsgrades in Netzen mit Erdschlußlöschung". Vortragender: Dipl.-Ing. M. Gerken.

Fernmeldetechnik. Leiter: Dipl.-Ing. P. Mentz VDE.
2. Dezember 1941, 18⁰⁰, „Nachrichtennetze. Teil 2: Aufbau eines Fernsprechortsnetzes unter Berücksichtigung des trägerfrequenten Drahtfunkes". Vortragender: Ingenieur E. Wagele VDE.

Meßtechnik: Leiter: Dr.-Ing. H. F. Grave VDE.
3. Dezember 1941, 18⁰⁰, Vortragsreibe: Lichtmeßtechnik. „Grundlagen und Einheiten". Vortragender: Dr. H. Korte.

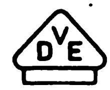
Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
4. Dezember 1941, 18⁰⁰, Vortragsreihe: Sonderformen elektrischer Maschinen. „Maschinen für Spannungsteilung". Vortragender: Dipl.-Ing. H. Beyse VDE.

Elektrizitätswerke. Leiter: Dipl.-Ing. H. Beling VDE.
5. Dezember 1941, 18⁰⁰, Vortragsreihe: Regelung von Dampfkesseln. „Automatische Kesselregelung". Vortragender: Obering. M.-U. Büchting.

VDE Bezirk Berlin vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus



Zusammenstellung der für galvanische Elemente und Batterien erteilten Verbandszeichengenehmigungen

Am 1. Oktober 1941 besaßen die nachstehend angeführten Firmen die Genehmigung zur Anbringung des VDE-Zeichens an galvanischen Elementen und Batterien.

Firma	Elemente			Batterien				
	Trocken-, Füll- und Luftsauerstoffelemente	Naßelemente	Stabelemente	Stabbatterien	Flachbatterien	Kasten-batterien	Gitterbatterien	Anoden-batterien
	1	2	3	1	2	3	4	5
Batterien- u. Elementefabrik, System Zeiler AG., Berlin	ELL EML	EX EY	EE EJ		BD 4,5	BJ 4,5 B2J 4,5		BD 30 60 90 100 120
Kasimir Baumgarten, Wildstein/Eger					BD 4,5			BD 90
Berliner Batteriefabrik G. m. b. H., Berlin					BD 4,5			
Hermann Albert Bumke G. m. b. H., Berlin				BC 3	BD 4,5			BD 90
Carstens & Co., Hamburg				BC 3	BD 4,5		BD 9 12 15	BD 90 100 120
Centra, Posen			EJ	BC 3	BD 4,5			
C. Erfurth, Berlin					BD 4,5			BD 30 60 90 100 120
Etzold & Bäßler KG., Zeitz			EJ	BC 3	BD 4,5			BD 90
Karl Thaller, Wien					BD 4,5			
Hugo Falk, Tabarz/Thür.				BC 3	BD 4,5			BD 30 60 90 100 120
Gebr. Franke KG., Mühlhausen/Thür.								BD 90
Hamburger Batteriefabr. Otto Groß (Habafa), Hamburg 19					BD 4,5			BD 90
Batteriefabrik Erlangen Oskar Harsing. Erlangen	ELL							BD 60 90 100 120
Batteriefabrik Jäger K.-G., Friedrichsroda/Thür.						B2J 4,5		
Junghanns & Kolosche, Leipzig					BD 4,5			
Batterien- u. Elementefabrik Koch & Krüger, Berlin	ENL				BD 4,5			BD 30 60 90 100 120
Telephon- u. Telegraphenfabriks AG., Kapsch & Söhne, Wien					BD 4,5			BD 30 90 120

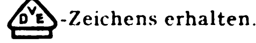
Firma	Elemente			Batterien				
	Trocken-, Füll- und Luftsauerstoffelemente	Naßelemente	Stabelemente	Stabbatterien	Flachbatterien	Kastenbatterien	Gitterbatterien	Anodenbatterien
	1	2	3	1	2	3	4	5
Oskar Müller & Cie AG., Schwenningen			EE EJ	BC 3				
Hermann Oelze, Batteriefabrik, Berlin					BD 4,5			
Pertrix-Werke G.m.b.H., Bln-Niederschöneweide	ELL		EC ED EJ	BC 3	BD 4,5	BJ 4,5 B2J 4,5	BD 6 9 12 15 30g	BD 30 60 90 100 120
Johann Prokosch, Wien					BD 4,5			
Schlesische Elementefabrik, Breslau	ELF							BD 90
Elektrotechnische Fabrik Schmidt & Co., GmbH., Berlin	EML ENL		EE EJ		BD 4,5			BD 90
Elektrotechnische Fabrik Schmidt & Co., G.m.b.H., Bodenbach a/E.				BC 3	BD 4,5			BD 30 60 90 100 120
Otto Uhrbach, Zeitz	ELL				BD 4,5			BD 90
Wiener Isolierrohr-, Batterie- u. Metallwarenfabrik G.m.b.H., Wien				BC 3	BD 4,5			

Installationsmaterial zum Anschluß von Al- oder Zn-Leitungen

In der ETZ 62 (1941) H. 40/41, S. 847, sind die Angaben für die beiden nachstehend genannten Firmen unvollständig veröffentlicht worden; sie werden daher nachstehend noch einmal vervollständigt bekanntgegeben:

Firma	Gerätegruppen						
	Sicherungssockel	Fassungen und Armaturen	Abzweigdosen	Hauptleitungsabzweigkästen	Steckdosen, Steckvorrichtungen	Installationsschalter	Geräteschalter
AEG Annaberg	Al Zn		Al Zn		Al Zn	Al Zn	
Brunnquell & Co, Sondershausen		Al	Al				

3. Nachtrag zu der Zusammenstellung der erteilten Verbandszeichengenehmigungen vom 1. 2. 1940 [1])

Seit Herausgabe der oben erwähnten Zusammenstellung haben die folgenden in dieser Zusammenstellung noch nicht erwähnten Firmen für bestimmte Typen der nachstehend angeführten Gerätegruppen die Genehmigung zur Führung des -Zeichens erhalten.

Firma	Gerätegruppe
Albert Ackermann, Gummersbach	Steckdosen
Wilhelm Sihn jr., Niefern . . .	,,
Bernhardt & Schulte, Meinerzhagen	Geräteschalter
Ing. Karl Nusser, Ulm a. D. . .	,,
Georg Sindermann-Werke, Mallmitz (Schl.)	Elektrowärmegeräte
Hinkel & Sohn, G. m. b. H., Frankfurt a. M.	,,
Rosenthal-Isolatoren G. m. b. H., Selb (Bay.)	Elektrowärmegeräte
Elektro-Gerätebau (Blanc & Fischer), Oberderdingen .	,,
Brunnquell & Co., Sondershausen	,,
Friedrich Brinkhof, Twistringen	,,
E. Feierabend & Co., Berlin . .	,,
E. Klosterhoff, Neheim (Westf.)	,,
Weintraud & Co., Offenbach a. M.	,,
Julius Pintsch K. G., Berlin . .	Kühlschränke
L. Wimberger K. G., Wien . .	Geräte m. Kleinstmotoren.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Dall

[1]) ETZ 61 (1940) S. 47 u. 209; 62 (1941) S. 846 u. 879.

Sitzungskalender

VDE Stützpunkt Annaberg/Erzgeb. 24. 11. (Mo), 19³⁰, Restaurant „Turnhalle": „Neue Wege der Niederspannungs-Installation". Dir. A. M. Schmidt VDE.

VDE Bezirk Braunschweig. 25. 11. (Di), 19⁰⁰, T. H.: „Konstruktionsgrundlagen der Fernmeldetechnik". Dr.-Ing. H. Tischner.

VDE Bezirk Danzig. 24. 11. (Mo), 20⁰⁰, T. H.: „Zur Frage der Spannungshaltung". Prof. H. Roth.

VDE Bezirk Düsseldorf. 21. 11. (Fr), 18⁰⁰, Wilhelm Marx-Haus: „Neuere Straßenbahnwagen und ihre Ausrüstungen unter besonderer Berücksichtigung der Einheitswagen". Dipl.-Ing. E. Holtgreve.

VDE Bezirk Essen (gemeinsam mit dem Haus der Technik). 1. 25. 11. (Di), 17³⁰, Haus der Technik: „Neue Erkenntnisse über den Lichtbogenschutz von Freileitungsisolatoren und ihre besondere Bedeutung für den Langstabisolator". Dr.-Ing. H. Ziegler. — 2. 2. 12. (Di), 17³⁰, Haus der Technik: „Schutz metallischer Oberflächen durch elektrolytische Verfahren". Dr.-Ing. habil. H. Fischer.

VDE Bezirk Hansa, Hamburg (gemeinsam mit DLTG). 3. 12. (Mi), 17⁰⁰, Ingenieurschule, Lübecker Tor 24: 1. „Leuchtstoffe und Leuchtstofflampen. Fortschritte in der Lichterzeugung und Anwendung". Dipl.-Ing. E. Summerer. 2. „Messung und Berechnung von Beleuchtungsanlagen". Dipl.-Ing. A. Völker.

VDE Bezirk Kurhessen, Kassel (gemeinsam mit VDI, VDCh, ADB u. Fachgr. Bauwesen). 25. 11. (Di), 19⁰⁰, Hess. Landesmuseum: „Die Rolle der Technik im totalen Krieg". Prof. Dr.-Ing. habil. H. Schwenkhagen VDE.

VDE Bezirk Mittelhessen, Frankfurt a. M. 3. 12. (Mi), 18⁰⁰, Kunstgewerbeschule: „Ausbau der Industrienetze zur Erzielung größtmöglicher Betriebssicherheit in Störungsfällen (Schutzmaßnahmen) sowie höchster Wirtschaftlichkeit (Kondensatoreinsatz)". Dipl.-Ing. Bornitz.

VDE Bezirk Niedersachsen, Hannover. 24. 11. (Mo), 18⁰⁰, Ärztehaus, Hildesheimer Str. 23: „Neuzeitliche Fernsteuertechnik und ihre Anwendung für die verschiedensten Betriebsaufgaben". Obering. Dr.-Ing. W. Henning.

VDE Bezirk Niederrhein, Krefeld. Lautsprecherübertragungen im Europäischen Hof in Krefeld aus dem Haus der Technik, Essen:

1. 27. 11. (Do), 17³⁰, „Planung neuzeitlicher Dampfkraftwerke". Dir. Dr.-Ing. E. h. F. Schulte.

2. 1. 12. (Mo), 17³⁰, „Der Einsatz des biologischen Ingenieurwesens". Dr.-Ing. Becker.

3. 3. 12. (Mi), 17³⁰, „Neuzeitliche Korrosionsschutzmaßnahmen bei Eisen und Stahl". Dr. phil. E. Eisenstecken.

VDE Bezirk Niederschlesien, Breslau (gemeinsam mit DLTG und Außeninstitut der T. H.). 2. 12. (Di), 20⁰⁰, El. Inst. T. H.: „Zur Geschichte der Licht- und Starkstromtechnik". Dr. Köhler.

VDE Bezirk Nordsachsen, Leipzig (Arbeitsgemeinschaft elektrotechnischer Nachwuchs). 27. 11. (Do), 19¹⁵, Handelshochschule: „Das Leitungsnetz des Industriewerks". Dipl.-Ing. H. Wilhelms VDE.

VDE Bezirk Ostpreußen, Königsberg. 1. 12. (Mo), 20⁰⁰, Inst. f. Experimentalphysik: „Elektrische Hausinstallationen". Dr.-Ing. H. Laurick VDE.

VDE Bezirk Ostsachsen, Dresden. 27. 11. (Do), 18³⁰, El. Inst. T. H.: „Entwicklung, Verkehrsbedeutung und technische Ausgestaltung des Oberleitungsomnibusses" (mit Film). Dipl.-Ing. E. Holtgreve.

BRIEFE AN DIE ETZ

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit)

DK 621.316.93 : 621.315.17

Bemerkungen zu dem Aufsatz von K. Wesche: „Gewittersicherheit von Mittelspannungsfreileitungen" in ETZ 62 (1941) H. 26, S. 585.

Die Ausführungen in dem vorgenannten Aufsatz können dazu führen, bei dem Bau und Betrieb von Hochspannungsleitungen Unsicherheiten über die Auffassung der Gewittersicherheit in Mittelspannungsleitungen aufkommen zu lassen. Zu den Mittelspannungsleitungen werden solche bis zu 60 kV Betriebsspannung gerechnet. Es liegt nach den bisherigen Betriebserfahrungen kein Grund vor, in Mittelspannungsnetzen Unterschiede hinsichtlich der Maßnahmen gegen Gewitteranfälligkeit, wie sie der Berichter vorgeschlagen hat, in der Mastkopfausbildung und der Erdung gegenüber solchen in Höchstspannungsleitungen zu machen. Das in genügender Höhe über den Phasenseilen verlegte Erdseil und die sorgfältig durchgeführte Erdung der einzelnen Maste erwiesen sich hinsichtlich der Gewittersicherheit nach den Erfahrungen des Verfassers auch bei den Mittelspannungsleitungen unter sonst gleichen Voraussetzungen ebenso vorteilhaft wie bei den Hochspannungsleitungen.

Der Berichter bezeichnet nach Bild 1 eine 15 kV-Leitung mit 2 Erdseilen (Hängerleitung) als gewitteranfällig und eine andere 15 kV-Leitung (Stützer) ohne Erdseil als gewitterfest. Diese beiden Leitungen können nur verglichen werden, wenn sie in Gebieten gleichstarker Gewitteranfälligkeit verlaufen und ähnliche Untergrundverhältnisse aufweisen. Man kann in jedem Hochspannungsnetz von größerer Ausdehnung beobachten, daß an sich gleichgebaute Leitungsstränge ganz verschieden von Gewitterstörungen heimgesucht werden, wenn sie in verschiedenen Gebieten verlaufen. Es kann sogar vorkommen, daß Leitungen neuzeitlicher Bauart öfter Blitzeinschläge aufweisen als Leitungen mit engeren Mastkopfabständen, geringerer Isolation und vielleicht auch ungünstigerer Erdungswerte. Die Ursache liegt aber nicht etwa in der Mastbauart, Erdseilanordnung u. dgl., sondern in der Gewittergefährdung des betreffenden Gebietes selbst, der Blitzbildungs- und -einschlagsneigung im Bereiche der Hochspannungsleitungen. Die Messungen mit Blitzstäbchen haben bewiesen, daß es selbst innerhalb eines Leitungszuges besonders gefährdete Maste gibt, die immer wieder vom Blitz getroffen werden, während andere, sogar benachbarte Maste einschlagfrei bleiben. Die mehr als 20jährigen Statistiken über Gewitterstörungen an Hochspannungsleitungen haben auch sogenannte Gewitter- oder Blitznester erkennen lassen.

Der Unterzeichnete hat mehrfach selbst Fälle kennengelernt, daß ein bestimmter Mast einer Mittelspannungsleitung in verschiedenen Jahren fünfmal vom Blitz beschädigt worden ist, während die beiden Nachbarmaste trotz gleicher Verhältnisse bezüglich der Erdseilanordnung und Güte des Erdübergangswiderstandes keine Störungen zeigten. Die Einschlagsneigung ist, wie bekannt, für die Beurteilung der Gründe der Gewitterstörungen ein wesentlicher Faktor; so wurden z. B. auf einer 40 kV-Stützerleitung über 10 Jahre hindurch sehr wenig Gewitterschäden festgestellt. Im 11. Betriebsjahre trat infolge Häufung von Gewittern in dem betreffenden Gebiet in der Leitung eine größere Zahl Gewitterstörungen auf; die folgenden 5 Jahre dagegen war die Leitung wiederum fast ohne Gewitterstörungen.

Die Auswertung einer verhältnismäßig kurzen Beobachtungszeit genügt nicht zu der Behauptung, „daß die Verwendung von Erdseilen und die Anwendung guter Erdungen in Mittelspannungsnetzen fast immer nutzlos sei". Sie darf nicht dazu führen, von bisher bewährten Vorbeugungsmaßnahmen gegen Blitzbeschädigungen in Freileitungen abzugehen. Der Ansicht des Berichters stehen auch die Betriebserfahrungen anderer Werke gegenüber[1]). In dem 15 kV-Netz, das in diesem Aufsatz beschrieben ist, wurden im Gegensatz zu der Ansicht des Berichters zur Einschränkung der Gewitterstörungen an der 15 kV-Stützerleitung ohne Erdseil nachträglich Erdseile über den an Stützern verlegten Phasenseilen angebracht, mit dem Erfolg, daß die Betriebsstörungen durch Gewitter in dem 15 kV-Netz nachließen.

Auch die in den letzten beiden Jahren angestellten Blitzeinschlagsversuche in Modell-Leitungen dürften den Wert von Erdseilen, die über den Phasen angeordnet sind, zur Genüge bewiesen haben. — Auch die Frage der Holzisolation am Mastkopf als Schutz bei Gewitterstörungen gilt heute noch als umstritten.

Die vom Berichter auf Seite 587 aufgeführte Zusammenstellung (Tafeln 1 bis 4) erstreckt sich über eine Beobachtungszeit von 5 Jahren. Wenn man bedenkt, daß die beobachteten Mittelspannungsleitungen über verschiedene, sicherlich nicht gleichstark gewitteranfällige Gebiete führen und auch die einzelnen Jahre sehr verschieden in der Gewitterhäufigkeit sein können, dürften Schlüsse auf die Gewitterfestigkeit der beobachteten 15 kV-Leitungen in dieser Eindeutigkeit bei einer Beobachtungsdauer von nur 5 Jahren doch sehr gewagt sein.

Dresden, 18. 7. 1941 G. Lehmann VDE

[1]) Vgl. ETZ 60 (1939) S. 892.

Stellungnahme zur Zuschrift von G. Lehmann

Mit der Betonung der Wichtigkeit der Holzisolation zwischen den Querträgern im allgemeinen glaube ich, den Betriebsingenieuren der Überlandwerke nichts Unbekanntes gesagt zu haben. Nur die meines Erachtens überall vorhandenen gleichen Erfahrungen wurden von mir durch eine richtige und umfangreiche Isolatorenschaden-Statistik klar herausgearbeitet und zahlenmäßig bewiesen. Die in den Tafeln 2, 3 und 4 gegenübergestellten Zahlen sind so eindeutig, daß man das Ergebnis auch nicht als unsicher bezeichnen kann, weil der angegebene Zeitraum nur 5 Jahre beträgt. Selbstverständlich sind dieselben Beobachtungen auch schon viel länger bekannt. Nur die darauf ausgerichtete Statistik der Isolatorenschäden ist erst 5 Jahre alt.

Die Statistik umfaßt sämtliche 15 und 20 kV-Leitungen in einem Gebiet von 11 200 km², also auf einer Fläche, die dreiviertel so groß ist wie das Land Sachsen. Die Leitungen mit den von mir als gewittersicher bezeichneten Mastkopfanordnungen sind über das ganze Versorgungsgebiet verteilt. Herr Dr.-Ing. Lehmann erwähnt, daß ein Mast einer Mittelspannungsleitung in verschiedenen Jahren fünfmal vom Blitz beschädigt worden ist. Diese Ausnahmeerscheinung habe ich in meinem Aufsatz auch erwähnt mit folgendem Wortlaut:

„Nur an ganz vereinzelten Stellen kann ein kurzes Erdseil notwendig sein, wenn beobachtet wird, daß einige Holzmasten schon wiederholt stark abgesplittert sind."

Auf Grund der wenigen Sonderfälle aber zu folgern, daß sämtliche Mittelspannungsleitungen mit Erdseilen und sämtliche Masten mit sehr guten Erdungen versehen werden müssen, geht m. E. viel zu weit. Auch wirtschaftliche Erwägungen veranlassen hier, einfachste und wirksame Maßnahmen durchzuführen. Andere Wege erfordern einen unverhältnismäßig hohen Aufwand.

Frankfurt a. d. Oder, 14. 8. 1941 K. Wesche VDE

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.39.001.1

Einführung in die Theorie der Schwachstromtechnik. Von Dr. phil. J. Wallot. 2. umgearb. Aufl. Mit 415 B., X u. 445 S. im Format B 5. Verlag von Julius Springer, Berlin 1940. Preis geb. 33 RM.

Die vorliegende zweite Auflage des Buches ist um rund ein Drittel gegenüber der ersten Auflage umfangreicher geworden. Dieser Zuwachs muß aber als ein erheblicher Gewinn bezeichnet werden. Die für die Fernmeldetechnik grundlegenden Theorien, insbesondere der Vierpole, Leitungen und Wellenfilter, sind entsprechend den neueren Erkenntnissen vertieft und stark erweitert worden. Weitere Gebiete, die in der Zwischenzeit erhöhte praktische Bedeutung gewonnen haben, sind aufgenommen worden. Besonders zu begrüßen ist die Aufnahme eines Abschnittes über Elektroakustik, in dem die Grundgesetze des Schalles und der Schallumwandlung mit der Sauberkeit und Klarheit dargestellt sind, die das ganze Buch auszeichnen. Neu sind ferner Abschnitte über Rückkopplung und Frequenzumsetzung. Frequenzumsetzung soll eine allgemeine Bezeichnung für die Verfahren bilden, die aus den älteren Modulationsverfahren abgeleitet worden sind; diese Verfahren stellen heute eine wichtige Grundlage der elektrischen Nachrichtentechnik dar.

Wie bei der ersten Auflage, so muß auch bei der neuen Form des Buches die große Sorgfalt hervorgehoben werden, mit der alle Fragen behandelt sind, auch solche, die vielfach zu Unrecht als nebensächlich angesehen werden, wie z. B. die der Vorzeichen von Spannungen, Strömen usw.

Das Buch vermittelt in der vorliegenden Gestalt eine zuverlässige Einführung in alle heute wichtigen theoretischen Grundlagen der Fernmeldetechnik; es wird den Studierenden sowie den auf diesem Gebiet wissenschaftlich tätigen Ingenieuren eine wertvolle Hilfe sein und damit auch die Weiterentwicklung der Technik fördern.

K. Küpfmüller VDE

DK 621.3(075)

Einführung in die Elektrotechnik. Von Dr.-Ing. F. Döhne. Mit 326 B. u. 271 S. im Format A 5. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1941. Preis kart. 3,60 RM.

Döhne beschreitet mit seiner „Einführung in die Elektrotechnik" einen neuen, von der üblichen Darstellung abweichenden Weg. Es geht ihm um die ursächlichen Zusammenhänge der elektrotechnischen Vorgänge, so daß er bewußt die reine Beschreibung von Maschinen, Geräten usw. auf das notwendigste Maß beschränkt, aber auch andererseits auf eine breite mathematische und vektorielle Darstellung verzichtet. So z. B. kommt er in der Wechselstromtechnik ganz ohne komplexe Rechnung aus.

Diese Methode ist sehr zu begrüßen und vom pädagogischen Standpunkt aus außerordentlich fruchtbar. Ähnlich wie die Wärmegesetze der Gase auf rein mechanischem Wege in der kinetischen Gastheorie abgeleitet werden, müßte es auch in der Elektrotechnik sein (Elektromechanik). Die Elektronenbewegung, die Spannung, der Widerstand, die elektrische Arbeit und Leistung finden ihre klare und anschauliche mechanische Analogie. Im Elektromagnetismus wird eine Hilfsvorstellung über die Entstehung des magnetischen Feldes gegeben, wie sie schon früher in ähnlicher Form von Heinke (1924) behandelt worden ist. So gelingt es dem Verfasser, am mechanischen Beispiel das Induktionsgesetz, die Entstehung von Kräften, die Selbstinduktion usw. anschaulich zu erklären.

Sehr angenehm empfindet man die zahlreichen praktischen Zahlenwerte über Größe und Umfang ausgeführter Geräte und Maschinen und besonders an entscheidenden Stellen durchgeführte Zahlenbeispiele.

Das Buch kann in seiner leicht faßlichen Darstellung als Lehrbuch nicht nur dem Studierenden, sondern auch dem jungen Ingenieur zur schnellen Unterrichtung über praktische Fragen der Elektrotechnik empfohlen werden.

W. Marx VDE

DK 621.385.833

Zehn Jahre Elektronenmikroskopie. Ein Selbstbericht des AEG-Forschungsinstituts. Herausg. von Prof. Dr. C. Ramsauer. Mit 150 B. u. 123 S. im Format A 5. Verlag von Julius Springer, Berlin 1941. Preis kart. 4 RM.

Ein großer Teil der Entwicklungsarbeit am Elektronenmikroskop ist im Forschungsinstitut der AEG geleistet worden. So gibt die vorliegende Schrift, obwohl sie im wesentlichen einen Einblick in die zehnjährige Arbeit der AEG auf dem Gebiete der Elektronenmikroskopie geben soll, einen fast lückenlosen Überblick über den geschichtlichen Werdegang des Elektronenmikroskops und damit einen stolzen Rechenschaftsbericht über die bahnbrechenden Leistungen des AEG-Forschungsinstituts. Das Schwergewicht der Darstellung liegt in den Bildern, die in vorzüglicher Wiedergabe von den ersten Glühkathodenaufnahmen bis zu den gewaltigen Vergrößerungen biologischer und metallurgischer Objekte im Übermikroskop führen. Die 150 Bilder werden durch einen kurzen klaren verbindenden Text erläutert. Sie sind in fünf Abschnitte gegliedert: Elektronenoptik und Elektronenmikroskopie, Apparaturen und Abbildungen, Emissionsmikroskopie, Durchstrahlungs-Mikroskopie, Abbildungs-Übermikroskope des Forschungsinstituts der AEG. Bilder und Text erfüllen in überzeugender Weise ihren Zweck, über den engen Kreis der Fachleute hinaus der Allgemeinheit zu zeigen, welche Bedeutung das Übermikroskop für Wissenschaft und Technik bereits besitzt.

W. Bauer

DK 51

Die Höhere Mathematik. Eine gemeinverständliche Darstellung der Elemente. Von Obering. H. Schlüter. 3. Aufl. Mit 30 B. u. 51 S. im Format B 5. Verlag J. A. Barth, Leipzig 1941. Preis kart. 1,65 RM.

Das Heft will dem Ingenieur die Grundlagen der Infinitesimalrechnung und die besonderen Regeln für das Differenzieren und Integrieren einfachster elementarer Funktionen in anschaulicher Weise nahebringen. Im Interesse der Anschaulichkeit begnügt sich der Verfasser mit einer mehr beschreibenden als systematisch aufbauenden Darstellungsweise; insbesondere verzichtet er auf Beweise, die er höchstens durch Plausibilitätsbetrachtungen ersetzt. Daß die Beispiele sich nur auf Potenzen und trigonometrische Funktionen beschränken, erklärt sich durch den Ursprung der Schrift als Anhang eines Buches über Eisenbetonbau und läßt sie fast als eine ausführlich erläuterte Formelsammlung zur Differential- und Integralrechnung dieser Funktionen erscheinen. Zweifellos kommt die Tendenz der geschilderten Schreibweise und die Stoffbeschränkung praktischen Bedürfnissen entgegen, was wohl auch die Auflagenzahl zeigt.

Leider verführt die Absicht einfachster Darstellung und größter Anschaulichkeit den Verfasser zu störenden Eigenwilligkeiten beim Gebrauch mathematischer Bezeichnungen und Begriffe, stellenweise sogar zu Unrichtigkeiten. Daß Funktionszuwachs und Differential häufig für kleine Argumentspanne zahlenmäßig beinahe gleich sind, berechtigt nicht dazu, diese begrifflich durchaus verschiedenen Dinge als identisch zu behandeln (S. 7). Das unbestimmte Integral definiert der Verfasser als „bloße Formel für irgendeine Integration" (S. 16); diese Definition ist auch bei wohlwollendster Auslegung nicht ausreichend. Es ist hiernach selbstverständlich, daß der Fragenkreis des Fundamentalsatzes nicht klar behandelt werden kann. Während man üblicherweise mit dem Zeichen d das Differential der nach ihm stehenden Funktion bezeichnet, also insbesondere unter d 2 das Differential der „konstanten Funktion" 2 versteht, welches den Wert 0 hat, ist auf S. 9 des Heftes $d\,2 = 0{,}5$. An Stelle des üblichen Fachausdruckes „Elementarfunktion" wird der anderweit festgelegte Ausdruck „Grundform" benutzt. Den seit langer Zeit als sinnlos erkannten und aus der Grundlegung der Infinitesimalrechnung verbannten Begriff des „unendlich kleinen" vermeidet man nicht dadurch, daß man statt dessen nur von „verschwindend kleinem" spricht (S. 7 u. 9). Übrigens taucht auch die Sprechweise „unendlich klein" auf S. 29 und 33 auf. Th. Zech

DK 51

Mathematik für Naturwissenschaftler und Chemiker. Eine Einführung in die Anwendungen der Höheren Mathematik. Von Dr. H. Sirk. Mit 126 B., 1 Tafel, XII u. 268 S. im Format 165×235 mm. Verlag Th. Steinkopff, Dresden und Leipzig 1941. Preis geb. 12 RM.

In dem vorliegenden Buch gibt der Verfasser auf Grund seiner langjährigen Lehrerfahrung eine klare und gut verständliche Einführung in die Differential- und Integralrechnung. Der Leser wird an Hand von praktischen Beispielen auf den Sinn der einzelnen mathematischen Begriffe geführt, und dies in so anschaulicher Form, daß der Leser den Eindruck erhalten kann, sich den behandelten Stoff selbst erarbeitet zu haben. Schwieriges wird nur so weit gebracht, wie es für die praktische Anwendung notwendig ist.

Ausgehend vom Funktionsbegriff wird die Darstellung der Funktionen in Tafeln und Schaubildern gezeigt und hierbei auf die verschiedenen Eigenschaften der Funktionen hingewiesen. Über die Definition des Grenzwertes wird dann zum Differentialquotienten übergegangen und dessen geometrische Bedeutung erklärt. Einfache Anwendungen vermitteln das Verständnis für das praktisch Notwendige. Weiter werden die Grundformeln der Integralrechnung gegeben und die einzelnen Verfahren zur Ausführung der Integration. Auch hier erweitern einige Beispiele das Verständnis. In diesem Zusammenhang wird das Notwendigste über Reihen und Reihen-Entwicklung gebracht. Bei der Behandlung der partiellen Differentialrechnung wird wieder das Hauptgewicht auf die praktische Anwendung gelegt. Der Abschnitt über Differentialgleichungen ist verhältnismäßig kurz gehalten und beschränkt sich hauptsächlich auf die Angabe der Lösungsmöglichkeiten. Den Schluß bildet ein Anhang mit den allgemeinen Regeln der Algebra und Geometrie. Eine Formelsammlung ist in Form einer Ausschlagtafel angefügt.

Die zahlreichen Fachbeispiele sind nicht allein der Chemie entnommen, sie umfassen auch in starkem Maß das Gebiet der Physik. Das Buch kann einem größeren Kreis von Lesern empfohlen werden, als es der Titel angibt. L. Mirow VDE

DK 657.4

Neuzeitliches industrielles Rechnungswesen nach den amtlichen Richtlinien und Grundsätzen. Von K. Beisel. 2. neugestalt. Aufl. Mit VI u. 202 S. im Format B 5. Verlag G. A. Gloeckner, Leipzig 1941. Preis geb. 7,80 RM.

In der gegenwärtigen Zeit, welche die meisten Unternehmungen infolge der in den letzten Jahren ergangenen behördlichen Vorschriften (Kontenrahmen, Kostenrechnungsgrundsätze, LSÖ) vor mehr oder weniger einschneidende Änderungen in ihrem betrieblichen Rechnungswesen stellt, werden Bücher, welche die neuen Bestimmungen und Gedanken erläutern, einem vermehrten Interesse in den beteiligten Kreisen begegnen. Dies gilt besonders dann, wenn sie klar, übersichtlich und wirklichkeitsnah geschrieben sind und auf nicht zu großem Raume die Kenntnisse und Anregungen zu geben versuchen, die vor allem der im kleinen oder mittleren Betriebe stehende Wirtschaftler sich von ihnen verspricht.

Das jetzt in 2. Auflage erschienene Beiselsche Buch ist das eines Praktikers, für die Praxis geschrieben und daher vorwiegend unter diesem Gesichtspunkt zu werten. Auf verhältnismäßig kleinem Raume (162 S., der Rest entfällt auf die in einem Anhang abgedruckten Erlasse usw.) werden alle Teilgebiete des einen einheitlichen, organischen Gesamtbegriff bildenden betrieblichen Rechnungswesens (Buchführung, Selbstkostenrechnung, Statistik, Planung) behandelt, wobei naturgemäß die Kostenrechnung des Betriebes („Betriebsbuchführung") weitaus am ausführlichsten dargestellt ist.

Auf die kontenmäßig dargestellte Durchführung eines Buchungsganges ist verzichtet worden. Die bei den einzelnen Abschnitten gegebenen Kontengliederungen und Kontierungsbeispiele bewegen sich im Rahmen des Normalkontenplanes der Wirtschaftsgruppe Maschinenbau, der dem Buch auch als Anlage beigegeben ist. (Bekanntlich stimmt der Kontenplan des Maschinenbaues mit dem der Elektroindustrie bis auf geringfügige Einzelheiten überein.) Sehr zu begrüßen ist das dem Buch in erheblichem Umfang mitgegebene Anschauungsmaterial in Gestalt der verschiedensten Formularentwürfe, Kostennachweise und Diagramme. Daß die Kostenaufteilungen dabei weitgehend die Trennung nach beweglichen und festen Kosten — welche Beisel unter Vermeidung jeglicher Überspitzungen unter rein praktisch-buchtechnischen Auflösungsgesichtspunkten vornimmt — zeigen, ist ein weiterer Gewinn.

In grundsätzlicher Hinsicht ist im Rahmen der von Beisel vorgenommenen scharfen Trennung zwischen Geschäfts- und Betriebsbuchführung zu bemerken, daß er den von der Geschäftsbuchführung in Klasse 4 geführten Konten der Kostenarten innerhalb der Betriebsbuchführung Spiegelbildkonten gegenüberstellt, die in Klasse 5 geführt werden. In Klasse 6 werden erst die Konten der Kostenstellen, in Klasse 7 die Kostenträgerkonten geführt. Die sich bei dieser Aufteilung der Kontenklassen auf die Geschäftsbuchführung einerseits, die Betriebsbuchführung anderseits ergebenden Fragen der buchtechnischen Kontenbehandlung am Geschäftsjahresanfang und -ende hätten ausführlicher behandelt werden können.

Hieraus geht schon hervor, daß die Beiselsche Darstellung sich nicht etwa nur im Rahmen des Normalkontenplans der Wirtschaftsgruppe Maschinenbau, der keine Ergebnisse der Kostenrechnung in die Buchführung übernimmt, bewegt, sondern eine in der Betriebsbuchführung geführte ausgebaute Kostenstellen- und Kostenträgerrechnung vorsieht. Bemerkenswert ist ferner, daß der Verfasser die Aufteilung der Gemeinkostenarten nach Kostenstellen rein buchmäßig durch Führung von Kostenarten-Kostenstellenkonten durchführt; der Betriebsabrechnungsbogen übernimmt daher bei ihm praktisch nur die Ergebnisse der buchmäßigen Aufteilung. Ob dies immer zweckmäßig ist, dürfte generell nicht zu entscheiden sein; dabei spielt natürlich in erster Linie die Betriebsgröße eine Rolle.

R. Möbius

DK 621.357.7

Metallische Überzüge. Von Dipl.-Ing. Dr. techn. habil. W. Machu. Mit 191 B., 49 Zahlentafeln, XX u. 595 S. im Format B 5. Akademische Verlagsges. Becker & Erler K.-G., Leipzig 1941. Preis geh. 40 RM, geb. 42 RM.

Der Verfasser sagt im Vorwort zu seinem Buch nicht mit Unrecht, daß er mit dieser umfassenden Zusammenstellung aller Verfahren, die sich mit dem Aufbringen metallischer Überzüge befassen, einem seit langem bestehenden Bedürfnis der Fachwelt entgegengekommen ist. Damit ist der Wert des Werkes schon umrissen, das durch die Klarheit seiner Darstellungsweise, die übersichtliche Gliederung des Aufbaues und die zahlreichen technischen Angaben und Winke, die eine erfreulich lebendige Verbindung des Autors mit der Praxis erkennen lassen, zweifellos eine Bereicherung der Fachliteratur darstellt und allen, die mit der Materie zu tun haben, empfohlen werden kann.

Die Gliederung des Buches in einen theoretischen und praktischen Teil und vor allem die getrennt vorangestellte Beschreibung der allgemeinen, für die Mehrzahl der Metalle und Verfahren immer wieder gleichen Vor- und Nachbehandlungsmethoden ist eine durchaus glückliche Lösung, weil sie Wiederholungen vermeidet und eine erhebliche Kürzung des Gesamtumfanges gestattet.

Der Sinn des Buches soll gewiß nicht sein, dem Spezialisten auf seinem engeren Arbeitsgebiet Neues zu bringen, sein Wert liegt vielmehr darin, daß es einen ausgezeichneten Überblick über das heute so ausgedehnte und bedeutende Gebiet des metallischen Oberflächenschutzes gibt und damit nicht nur dem Lernenden die Möglichkeit zu einer grundlegenden Einarbeitung verschafft, sondern durch seine Vielseitigkeit auch dem Fachmann sehr von Nutzen ist.

Erstrebenswert wäre es, in einem Buch über metallische Überzüge bei den einzelnen Metallen auch konkrete Angaben über die je nach Beanspruchung erforderlichen oder üblichen Schichtdickengrenzen zu finden. Doch gehen hierüber die Ansichten zum Teil noch weit auseinander, was mit Rücksicht auf die Verschiedenheit der Angriffsmöglichkeiten und die Schwierigkeit, allgemein gültige Richtlinien auch für begrenzte Beanspruchungsarten aufzustellen, nicht verwunderlich ist. Aufgabe der weiteren Entwicklung sollte es sein, die zweifellos schon vorhandenen Ansätze zu einer gewissen Sichtung und Normung auszubauen und zu vervollständigen.

Bei der Beschreibung der Einrichtungen für galvanische Anlagen muß vermerkt werden, daß die neuartigen Kunststoffe nicht erwähnt wurden. Ferner wäre es bei der Behandlung der galvanischen Überzüge von Zink und Cadmium auf Aluminium und Aluminiumlegierungen vielleicht zweckmäßig gewesen, auf die Gefahr hinzuweisen, die hierbei die Gegenwart von Quecksilber mit sich bringt, das bekanntlich zu katastrophalen Korrosionserscheinungen und Kristallausblühungen führt. Doch diese kleinen Lücken können bei einer Neuauflage wohl ausgefüllt werden.

Der Verfasser hat in dankenswerter Weise eine Fülle von Literatur zusammengetragen und durchgearbeitet, mit deren Hilfe ein gründliches Studium aller von ihm beschriebenen Gebiete ermöglicht wird. Die Mühe, der sich der Verfasser dabei mit viel Hingabe und Verständnis unterzog, dürfte sich gelohnt haben, denn gerade diese überaus reiche Zahl von Hinweisen auf das Schrifttum macht das Buch besonders wertvoll, und es kann ihm nur der Erfolg gewünscht werden, den es verdient. Vielleicht entsteht aus ihm die Anregung zu einer ähnlich zusammenfassenden Darstellung der nichtmetallischen Überzüge auf Metallen; das Bedürfnis hierzu drängt sich beim Lesen des vorliegenden Buches unwillkürlich auf.

M. Passer

DK 625.1/6

20 000 Schriftquellen zur Eisenbahnkunde. Herausg. von Henschel & Sohn G. m. b. H., Kassel. Zusammengestellt u. bearb. von Dr.-Ing. K. Ewald. Mit zahlr. B. u. 928 S. im Format A 5. Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin 1941. Preis geb. 9,50 RM.

Ein Blick auf das Schrifttum der letzten Jahre zeigt, daß die Zahl solcher wissenschaftlicher Arbeiten stark zunimmt, die sich bei aller Selbständigkeit der Forschung eingehend auf altes und neues Schrifttum stützen. Die Verfasser derartiger Arbeiten gehen von der richtigen Erkenntnis aus, daß man um so sicherer den Verlauf der zukünftigen Entwicklung „extrapolieren" kann, je gründlicher man den gesamten bisherigen Gang der Technik des betreffenden Sachgebietes „interpoliert" hat.

Die ETZ-Verlag GmbH. hat das Buch von Dettmar „Die Entwicklung der Starkstromtechnik in Deutschland" und die VDI-Verlag GmbH. hat das Buch von Matschoß „Technikgeschichte" herausgebracht, zweifellos von gleichen Gesichtspunkten geleitet. Auf dem Gebiet des Schienenverkehrswesens sind anläßlich des hundertjährigen Bestehens deutscher Eisenbahnen ebenfalls zahlreiche Sammelwerke erschienen, von denen hier nur auf die Jubiläumsschrift des Reichsverkehrsministeriums „Hundert Jahre deutsche Eisenbahnen", Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft mbH., Leipzig C 1, hingewiesen sei.

Für den forschenden, konstruierenden und betriebführenden Verkehrs-Ingenieur, der mehr will, als sich nur einen gründlichen Überblick beschaffen, ist das Studium alter und neuer Schriftquellen eine unumgängliche Notwendigkeit. Hier

hat die Henschel & Sohn GmbH., Kassel, mit dem von ihr herausgegebenen und von K. Ewald bearbeiteten Werk „20 000 Schriftquellen zur Eisenbahnkunde" eine unangenehm empfundene Lücke geschlossen.

In gründlicher Arbeit sind die wichtigsten Schriftquellen bis weit in das vorige Jahrhundert hinein erschlossen worden. Daß sie dabei „unter dem Gesichtswinkel des Lokomotivingenieurs" betrachtet sind, bedeutet keine praktisch fühlbare Einschränkung, da der Bau von Lokomotiven, gleichviel ob für Dampf- oder elektrischen Betrieb, sich ohnehin stets nach allen Verkehrsanforderungen richtet.

An Hand einer gut gegliederten Inhaltsübersicht (21 Seiten), eines Verfasser- und eines Stichwortverzeichnisses (40 und 124 Seiten) findet man in kürzester Zeit auf über 700 Seiten eine Fülle von Schriftquellen, z. B. über Nutz- und Widerstandsbremse elektrischer Fahrzeuge 47 Stellen aus der Zeit von 1907 bis 1940, die alle wichtigen Arbeiten umfassen. Auch andere Proben, die auf hier nicht näher eingegangen werden kann, zeigen, daß das Schrifttum über Dampfbetrieb sowie elektrischen Betrieb sehr weitgehend durchgearbeitet ist.

Einige „Schönheitsfehler" sind vorhanden, tun aber dem Wert des Buches keinerlei Abbruch. So sind z. B. die Achsfolgebezeichnungen nicht genau den Vorschriften entsprechend angegeben, d. h. es wird gesagt „Bo—Bo" statt „Bo' Bo'" oder „1 Do 1" statt „1' Do 1'". Auch sind nicht die im „Kurztitelverzeichnis technisch-wissenschaftlicher Zeitschriften" vorgeschlagenen Abkürzungen verwendet worden u. a. m.

Nach dem Erscheinen der vorzüglichen Schriftquellensammlung kann man nur wünschen, daß der Herausgeber auch das neue Schrifttum ab Ende 1940 ebenfalls geordnet veröffentlicht (etwa in Form eines Ringbuches, das jeweils ein Jahrfünft umfaßt), möglichst mit kurzer Inhaltsangabe der Aufsätze, wie es in den „Elektrotechnischen Berichten" geschieht. Derartige „Verkehrstechnische Berichte" würden dann in Verbindung mit den „20 000 Schriftquellen zur Eisenbahnkunde" allen im Dienst am großdeutschen Verkehr stehenden Ingenieuren wertvolle Dienste leisten sowie viele Arbeitsstunden zum Nutzen der Allgemeinheit ersparen helfen.

H. Kother VDE

DK 025.45(048.6) = 3

Dezimal-Klassifikation. Deutsche Kurzausgabe. 2. erweit. u. verbess. Aufl. Nach der Deutschen Gesamtausgabe der Dezimal-Klassifikation. Mit 182 S. im Format A 4. Beuth-Vertrieb G. m. b. H., Berlin 1941. Preis kart. 6,50 RM.

Beim Erscheinen der ersten Auflage der „Deutschen Kurzausgabe" im Jahre 1932 lag nur die zweite Ausgabe der internationalen Dezimal-Klassifikation vor, die in den Jahren 1927/1929 in französischer Sprache in Brüssel herausgegeben war. In der Zwischenzeit sind 5 Lieferungen der 3. Ausgabe erschienen, die in deutscher Sprache herausgegeben wird. Diese Lieferungen umfassen die Zahlen 0, 1, 2; 3, 4; 5; 62; 63, 64, 65, 66. Selbstverständlich sind die in diesen Lieferungen enthaltenen Ergänzungen in der jetzt erschienenen 2. Auflage der „Deutschen Kurzausgabe" entsprechend berücksichtigt worden, so daß sie ein getreues Bild der augenblicklichen Einteilung gibt. Der Sachteil ist nicht wesentlich erweitert worden; er umfaßt etwa ein Zehntel der Deutschen Gesamtausgabe. Bei der Bearbeitung der zweiten Auflage konnten nicht nur die Erfahrungen mit der ersten Auflage verwertet werden, sondern auch die der 1934 erschienenen holländischen Kurzausgabe, die vom Generalsekretariat im Haag selbst herausgegeben wurde. In der Einleitung der Kurzausgabe wird auf den Wert einer internationalen Dezimal-Klassifikation hingewiesen. Hierauf wird eine kurze und klare Darstellung des „Aufbaues der Dezimal-Klassifikation" gegeben. Die „Benutzungsregeln" zeigen dem Leser, wie man mit diesem Zahlensystem praktisch erfolgreich arbeiten kann, und geben wertvolle Fingerzeige. Schließlich wird noch die praktische Anwendung an Beispielen gezeigt. Dem 70 Seiten umfassenden Auszug aus der Haupttafel folgt ein gegen die erste Auflage sehr stark erweiterter Auszug aus den Hilfstafeln mit den allgemeinen Anhängezahlen der Sprache, der Form, des Ortes, der Zeit und des Gesichtspunktes. Ein über 90 Seiten großes alphabetisches Sachverzeichnis bildet den Schluß des Buches. Dieses enthält in voller Ausführlichkeit alle in der Kurzausgabe vorkommenden Begriffe. Dieses macht diese 2. Auflage der „Deutschen Kurzausgabe" besonders wertvoll. Es ist für denjenigen, der sich neu mit der Dezimal-Klassifikation beschäftigen will, ein wertvolles Hilfsmittel zur Einarbeitung, aber auch dem Kenner ein steter Ratgeber, da die bisher erschienenen Lieferungen der Deutschen Gesamtausgabe keine alphabetischen Sachverzeichnisse enthalten.

Abschließend kann festgestellt werden, daß diese 2. Auflage der Deutschen Kurzausgabe sicher viele Freunde finden wird, und zwar unter denen, die sich der Dezimal-Klassifikation schon bedienen, wie vor allem auch unter denen, die sie erst kennenlernen wollen. Sie gibt einen sehr guten Einblick in das ganze Ordnungssystem und seine Anwendung und dürfte für sehr viele Zwecke vollauf genügen.

Die Dezimal-Klassifikation wird heute schon in sehr vielen Fachzeitschriften des In- und Auslandes zur Kennzeichnung des Schrifttums benutzt. In Deutschland wird sie von dem größten Teil der elektrotechnischen Zeitschriften schon verwendet. Deshalb muß es gerade der Elektrotechniker begrüßen, daß ihm durch diese 2. Auflage ein anschauliches Gesamtbild der Dezimal-Klassifikation gegeben wird, wenn er auch für seine besonderen Belange besser die 5. Lieferung der Deutschen Gesamtausgabe zur Hand nimmt, die unter 621.3 die gesamte Elektrotechnik in allen Einzelheiten enthält.

F. Moench VDE

EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

Bücher

Vom sinnwidrigen Arbeitseinsatz zum Leistungskampf der Fachgemeinschaft. Von W. Dickwach. Mit 72 S. im Format A 5. Verlag der Deutschen Arbeitsfront, Berlin 1941. Preis kart. 1,50 RM.

[In der vorliegenden Schrift behandelt der Verfasser aus seinen Erfahrungen heraus Schwierigkeiten, die sich heute noch als Hemmung im Ablauf der Arbeit erweisen und somit der der Leistungssteigerung der deutschen Wirtschaft dienenden Entwicklung entgegenstehen, die Leistungsenergien aller gleichgearteten Betriebe unter Zurückstellung eigennütziger Interessen über die Betriebsgemeinschaft hinaus zu einer Leistungsgemeinschaft des ganzen Wirtschaftszweiges, also zu einer wahren Fachgemeinschaft, auszurichten. Die Freihaltung des deutschen Arbeitswesens vom Einfluß fremder oder gar feindlicher Wirtschafts- und Kapitalsinteressen, die Vermeidung überbetrieblicher Arbeitskämpfe innerhalb des deutschen Wirtschaftskörpers und die Stärkung der wirtschaftlichen und sozialen Leistungsmöglichkeiten durch Gemeinschaftsarbeit in den Fachsektoren sind die Hauptthemen dieser Schrift. Hierbei vermitteln kritische Betrachtungen Anhaltspunkte zur Vermeidung von Arbeitsstörungen und Verlustquellen in unserem Arbeitsleben. Jede Steigerung des Leistungskampfes aber wird eine Steigerung der Widerstands- und Kampfkraft unseres Volkes zur Folge haben.] *E. O.*

Die Werkstattpraxis des Metallarbeiters. Von Obering. P. Rädeke. Mit 192 B. u. 211 S. im Format 175 × 240 mm. Verlag Otto Elsner, Berlin-Wien-Leipzig 1941. Preis kart. 5,80 RM.

[Das auf dem Volksschulwissen aufgebaute technische Fachbuch setzt sich die Aufgabe, gelernten und angelernten Metallarbeitern die verschiedenen Fragen der Werkstattpraxis grundsätzlich zu erklären und zu erläutern, so daß es als Übungs- und Nachschlagewerk, aber auch zum Selbststudium dienen kann. Auch für die Lehrlingsausbildung bringt es Hinweise. Das Handbuch hat die Hauptkapitel: Theoretische Grundkenntnisse mit den elementaren Rechengesetzen und Maschinenelementen, praktische Grundkenntnisse über Bohr-, Fräs-, Dreh-, Schmiede-, Schweiß-, Lötarbeiten und Werkzeuge, Maschinen und Arbeitsplätze mit den technologischen Grundlagen und einen Tafelanhang mit Gewindeangaben, Winkelfunktionen, Zahlentafeln, Primzahlen, Gewichten und Umrechnungstabellen.] *an.*

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. E. Arends, Berlin N 20, Stockholmer Str. 5

Obering. B. Marsch, Berlin N 58, Dunckerstr. 26

Dr.-Ing. P. M. Pflier VDE, Berlin-Charlottenburg, Lietzensee-Ufer 9

Oberpostrat W. Waldow, Berlin-Zehlendorf, Am Heidehof 12

Abschluß des Heftes: 14. November 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Springer-Verlag, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 4. Dezember 1941 | Heft 48/49

Die elektrische Ausrüstung großer Abraumlokomotiven

Von K. Blaufuß VDE, Berlin

DK 621.335.3

Übersicht. Die Entwicklung des Braunkohlentagebaues und die Zunahme der beim Abheben der Deckschicht zu befördernden Abraummassen hat zu einer großen Steigerung der Leistungsfähigkeit und des Gewichtes der Abraumlokomotiven geführt. So wurden in letzter Zeit eine Anzahl sechsachsiger Lokomotiven (Bild 1) für Regelspur mit einem Dienstgewicht von 150 t eingesetzt[1])[2]), weitere ähnliche Lokomotiven sind im Bau. Auch für ausländische Gruben wurden Lokomotiven beachtlicher Leistung gebaut. Hand in Hand mit der Leistungssteigerung der Lokomotiven ging eine Weiterentwicklung ihrer elektrischen Ausrüstung, über die im folgenden berichtet werden soll. Im wesentlichen handelt es sich hierbei um die Lokomotiven für zwei deutsche Gruben und ein Werk in Mandschukuo. Zuerst werden die Maschinen und dann die Geräte, die auf der Lokomotive verwendet werden, behandelt.

1. Die Maschinen

a. Die Fahrmotoren

Als Beispiel für die Fahrmotoren von schweren Abraumlokomotiven sei der Motor der 1200 V-Lokomotiven für eine der beiden deutschen Gruben näher betrachtet. Die Motoren für die beiden anderen genannten Lokomotiven zeigen grundsätzlich den gleichen Aufbau, jedoch ist ihre elektrische Bemessung den jeweiligen Netzspannungen angepaßt.

Leistungswerte

Der Fahrmotor gibt bei einer Nennspannung von 1200 V eine Stundenleistung von 272 kW bei einer Stromaufnahme von 246 A ab. Seine Drehzahl ist hierbei 700 U/min, die Höchstdrehzahl beträgt 1800 U/min. Dies entspricht einer Ankerumfangsgeschwindigkeit von 49 m/s und einer Stromwender-Umfangsgeschwindigkeit von 42 m/s. Das Gewicht des Motors (ohne Zubehör) beträgt 2760 kg, so daß sich ein auf die Nennleistung bezogenes Leistungsgewicht von 10,1 kg/kW ergibt.

Die auf dem Prüfstand ermittelten Kennlinien des Motors zeigt Bild 2; die bei der elektrischen Widerstandsbremse zulässigen Bremsströme, Momente und Spannungen sind aus Bild 3 zu ersehen. Dabei ist der zulässige Bremsstrom im unteren Drehzahlbereich durch die Haftung zwischen Rad und Schiene begrenzt, während ihm im oberen Drehzahlbereich die Rücksicht auf die Stromwendung eine Grenze setzt. Den hohen Stromwendebeanspruchungen beim elektrischen Bremsen wurde durch entsprechend bemessenen Wendepolkreis und durch sorgfältiges Einstellen günstiger Stromwendeverhältnisse im Prüffeld Rechnung getragen.

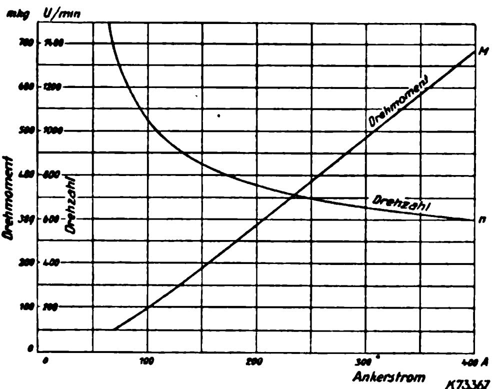


Bild 2. Motorkennlinien.

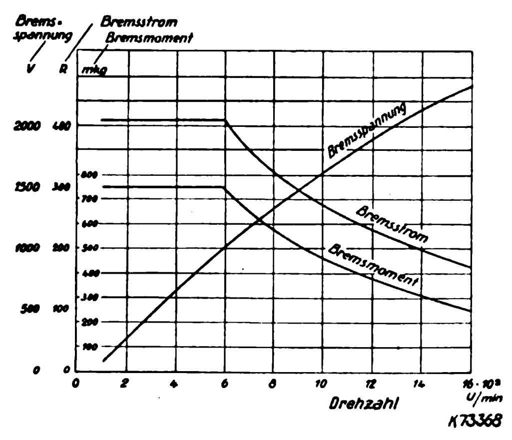


Bild 3. Bremskennlinien.

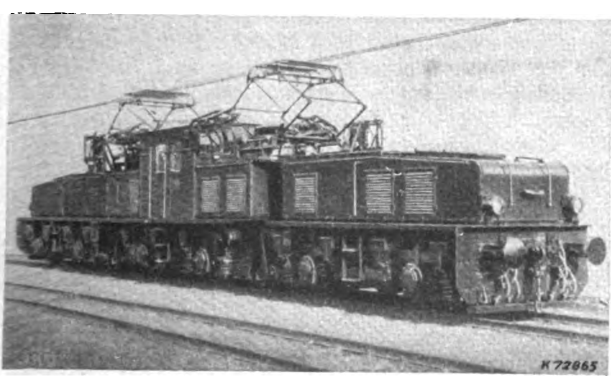


Bild 1. Abraumlokomotive, 150 t, 1632 kW Stundenleistung, 1200 V.

[1]) W. Ohl, Abraumlokomotiven 150 t. Lokomotive 37 (1940) S. 169.
[2]) W. Petersen u. E. Ullmann, Die Bo+Bo+Bo-Abraumlokomotiven der Otto-Scharf-Grube. Elektr. Bahnen 15 (1939) S. 243.

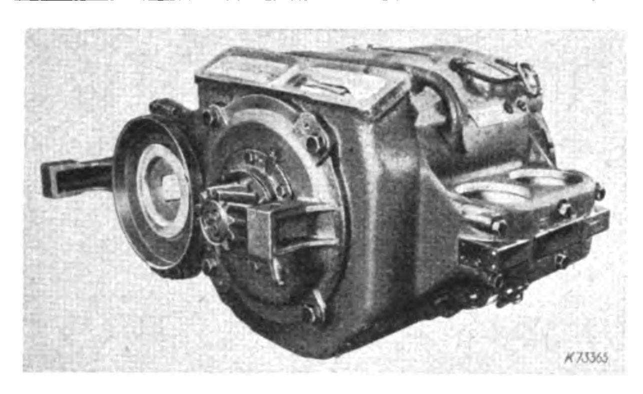


Bild 4. Fahrmotor für 1200 V; 272 kW Stundenleistung.

Lüftung

Der Motor (Bild 4) ist mit Eigenlüftung und zusätzlicher Fremdlüftung ausgerüstet. Der Lüfter für die Eigenlüftung befindet sich auf der Stromwenderseite. Der Lüfterring ist aus Silumin gegossen und an einer auf der Welle aufgekeilten Stahlgußnabe angeschraubt, die zugleich zur Luftführung dient. Die Kühlluft tritt auf der dem Stromwender entgegengesetzten Seite in den Motor ein. Ein Teil des Kühlluftstromes strömt zuerst an den Feld- und Wendefeldspulen vorbei, um dann den Stromwender und die Bürsten zu kühlen. Der andere Teil des Kühlluftstromes durchströmt die Kühlkanäle des Läuferblechpaketes. Außer der vom Eigenlüfter durch den Motor gesaugten Kühlluft, deren Menge von der Motordrehzahl abhängig ist, wird durch einen besonderen, mit konstanter Drehzahl laufenden Lüfter eine zusätzliche Luftmenge von etwa 0,9 m^3/s durch den Motor geblasen.

Gehäuse und Pole

Das Gehäuse des vierpoligen Motors von achteckiger Grundform ist einteilig in Stahlguß ausgeführt und trägt im Innern kurze, ebene Ansatzstücke für die Haupt- und Wendepole. Die Hauptpole sind zusammen mit den Polschuhen aus gestanzten Blechen von 1 mm Dicke aufgebaut. Das Blechpaket der Pole wird über massive Endscheiben aus Stahlguß durch eine Anzahl Nieten zusammengehalten. Jeder Hauptpol wird durch zwei starke Schrauben am Gehäuse befestigt. Die Wendepole sind aus Stahl und haben an die Kerne angeschweißte Wendepolschuhe. Die Spulen für die Haupt- und Wendepole sind aus blankem Flachkupfer auf Spulenkästen gewickelt, die Isolation besteht aus Mikaband. Da keine die Wärmeabgabe erschwerenden Umhüllungen vorhanden sind, ist eine wirksame Kühlung der Feldwicklungen dadurch gewährleistet. Die Wendepolspulen sind durch besondere Spulenhalter aus Silumin befestigt, die von den Wendepolschuhen gehalten werden.

Läufer mit Stromwender und Bürstenhalter

Das Läuferblechpaket sitzt zusammen mit den gleichzeitig als Wickelkopfträger dienenden Ankerendscheiben auf einer Ankerbuchse aus Stahlguß, in die die Welle eingepreßt wird. Auf der Ankerbuchse ist auch der Stromwender befestigt, so daß der ganze Läuferkörper eine Einheit bildet. Dies ermöglicht den Ausbau der Welle bei Instandsetzungen, ohne daß der Zusammenhang zwischen Ankerwicklung und Stromwender gestört wird. Das aus lackierten Blechen aufgebaute Blechpaket ist von zahlreichen Kühlkanälen durchzogen, die eine Abfuhr der im Läufer anfallenden Wärme ermöglichen. Die als Wellenwicklung ausgeführte Läuferwicklung ist mit Mika isoliert. Der Stromwender in Schwalbenschwanzbauart wird durch eine große Zahl elastischer Schraubenbolzen zusammengehalten. Besondere Sorgfalt ist auf das Altern des Stromwenders während der Fertigung gelegt; hierdurch wird erreicht, daß der aus vielen Einzelteilen bestehende Stromwender einen vollkommen einheitlichen Körper bildet, der auch bei Beanspruchungen durch Fliehkraft und Wärme seine kreiszylindrische Form beibehält. So wird bei allen Betriebsverhältnissen eine Störung der Stromwendung durch Unrundwerden des Stromwenders vermieden.

Der Läufer ist statisch und dynamisch ausgewuchtet. Die Bürstenhalter sind am Gehäuse befestigt. Die Isolation der Bürstenhalter besteht bei diesen Motoren noch aus Glimmer; inzwischen wurde jedoch im Phenolpapier in Verbindung mit Triazetatfolie ein vollwertiger Austauschstoff gefunden[3]). Der Strom wird zu den nicht bewehrten Kohlebürsten durch die Druckfinger des Bürstenhalters zugeführt, die zur Verbesserung des Kontaktes mit Silberdruckstücken[4]) ausgerüstet sind. Hierdurch wird die Erwärmung von Kohlen und Druckfingern herabgesetzt. Die Zugänglichkeit zum Stromwender und zu den Bürsten wird durch große Öffnungen im Gehäuse gewahrt, die durch abgedichtete Deckel aus Silumin geschlossen werden.

Welle und Lager

Die Welle besteht aus Sonderstahl hoher Festigkeit; sie wird unter hohem Druck in die Ankerbuchse eingepreßt und läuft in hoch belastbaren Rollenlagern, deren innerer Laufring warm auf die Welle aufgezogen ist, während der äußere Laufring in den Lagerschilden aus Stahlguß sitzt. Die Lager sind sowohl nach außen als auch gegen das Motorinnere durch hintereinandergeschaltete Filzring-, Lederring- und Labyrinthdichtungen abgedichtet. Die beiden Wellenenden sind konisch für die Aufnahme der Kleinräder ausgebildet.

Getriebe

Die Leistung wird von der Motorwelle auf die Treibradwelle über ein doppelseitiges Zahnradgetriebe mit einer Übersetzung von 5,58 : 1 übertragen. Die Zahnräder mit der Normalteilung von 12 π haben Schrägverzahnung mit einem Steigungswinkel von 20 ° 29 ′; sie bestehen aus Sonderstahl hoher Festigkeit und haben gehärtete und geschliffene Zahnflanken. Das Großrad hat 67, das Kleinrad 12 Zähne. Die Zahnradschutzkästen sind aus Stahlblech geschweißt und staub- und öldicht gegen Anker- und Treibradwelle abgedichtet.

b. Die Hilfsmaschinen

Außer den Fahrmotoren sind auf der Lokomotive noch verschiedene Hilfsmaschinen vorhanden, wie die Antriebsmotoren für die Lüfter und den Luftverdichter, die als normale Reihenschlußmotoren für die volle Netzspannung ausgebildet sind und über einen festen Vorwiderstand angelassen werden.

Falls die Fahrmotoren der Lokomotive bei Langsamfahrt als Nebenschlußmotoren arbeiten, so kommt noch ein Umformer zum Erzeugen des Erregerstromes der Fahrmotoren hinzu. Für die deutsche 1200 V-Lokomotive ist hierfür ein Eingehäuseumformer vorgesehen (Bild 5); seine Drehzahl beträgt 2000 U/min. Der Motor ist als Verbundmotor entworfen und für die volle Netzspannung gewickelt; er wird über einen Vorwiderstand einstufig angelassen und gibt eine Nennleistung von 33 kW ab. Der selbsterregte Generator leistet 29,5 kW bei einer Spannung von 120 V. Generator und Motor sind vierpolig und haben ein gemeinsames Gehäuse; dieses ist aus Stahlblech geschweißt. Die für die beiden Maschinen gemeinsame Welle läuft in Rollenlagern. Die Stromwender der Maschinen liegen nahe an den Lagern, so daß ein ruhiger Lauf der Kohlen selbst bei hoher Drehzahl gewährleistet ist.

Auch die Lokomotiven für das ausländische Werk sind mit einem Umformer ausgerüstet, dessen Generator hier-

[3]) S. a. VDE 0530 Ua/V. 41 Umstellvorschriften für elektrische Maschinen. ETZ 62 (1941) H. 22, S. 506. G. Kroker u. K. Becker: Das Verhalten von Zellulosetriazetat. ETZ 62 (1941) H. 40/41, S. 825.

[4]) H. Mecke, Bürstenhalter für Bahnmotoren. Mitt. Bahnbetr. 19 (1937) S. 20.

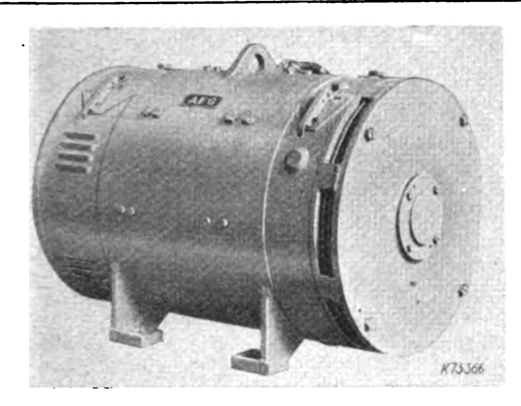


Bild 5. Umformer mit aus Stahlblech geschweißtem gemeinsamen Gehäuse für Motor und Generator.

bei die Spannung für den Steuerstromkreis von 160 V erzeugt und gleichzeitig zum Laden der Batterie dient.

2. Die Steuerung

Bei Lokomotivsteuerungen werden allgemein zwei Hauptarten unterschieden:

die reine Starkstromsteuerung mit Starkstromfahrschalter,

die Schützensteuerung mit Steuerstromfahrschalter.

Bei den betrachteten Grubenlokomotiven werden beide Steuerungsarten angewendet; die Lokomotiven für die beiden deutschen Gruben besitzen eine Starkstromsteuerung, während die Lokomotiven für das ausländische Werk mit einer Schützensteuerung ausgerüstet sind. Bestimmend für die Wahl dieser Steuerungsart war die Forderung, zwei gekuppelte Lokomotiven von einem Führerstand aus steuern zu können.

a. Die Starkstromsteuerung

Als Beispiel für eine Starkstromsteuerung sei die Steuerung der deutschen 1200 V-Lokomotive betrachtet.

Das Schaltprogramm

Die sechs Fahrmotoren der Lokomotive sind zu drei Gruppen von je zwei Motoren zusammengefaßt; diese drei Gruppen sind dauernd parallelgeschaltet. Angefahren wird über Anfahrwiderstände mit Reihen-Parallelschaltung der beiden Fahrmotoren einer Gruppe. Die Widerstände werden bei Reihenschaltung der Motoren in 25 Stufen und bei Parallelschaltung der Motoren in 20 Stufen abgeschaltet, so daß insgesamt 45 Widerstandsstufen vorhanden sind. Der Übergang von der Reihen- zur Parallelschaltung der Motoren geschieht über eine Brückenschaltung ohne Zugkraftunterbrechung. Die elektrische Bremse ist als selbsterregte Widerstandsbremse mit verkreuzter Schaltung der beiden Motoren jeder Gruppe ausgeführt. Als Bremswiderstände werden die Anfahrwiderstände verwendet; geregelt wird die Bremse in 25 Stufen.

Eine besondere Langsamfahreinrichtung ermöglicht es, die Lokomotive vom Bagger aus fernzusteuern und den Zug zum Füllen langsam unter dem Bagger durchzuziehen. Bei Langsamfahrt arbeiten die Fahrmotoren als Nebenschlußmotoren, der Erregerstrom wird von dem bereits erwähnten Umformer geliefert. Die Motoren, deren Anker ebenso wie die Felder sämtlich in Reihe geschaltet sind, werden durch einen auf dem Bagger befindlichen Leonard-Generator gespeist. Infolge der gleichbleibenden Richtung des Erregerstromes der Fahrmotoren ist es möglich, durch Umkehren der den Motoren zugeführten Spannung die Drehrichtung und damit die Fahrtrichtung der Lokomotiven umzukehren.

Die Schaltmittel

Zur Durchführen des beschriebenen Schaltprogrammes sind folgende Schaltmittel eingesetzt: der Hauptschalter, die Leistungsschütze, das Überlastrelais, der Starkstromfahrschalter, die Anfahr- und Bremswiderstände und die Langsamfahreinrichtung.

Die gesamte Lokomotive ist durch einen Überstromschalter, der ohne Verzögerung arbeitet, gegen Kurzschlüsse geschützt. In jeder der drei Motorgruppen liegt ein elektromagnetisches Leistungsschütz, das von Hilfskontakten des Fahrschalters eingeschaltet wird. Beim Ausschalten des Fahrschalters übernehmen die Leistungsschütze das Abschalten der Leistung. Ebenso dienen die Leistungsschütze zum Aufreißen des Bremskreises, wenn während des elektrischen Bremsens die Druckluftbremse bedient wird und hierbei der Luftdruck einen bestimmten Wert überschreitet; hierdurch wird ein Überbremsen verhindert. Jede Motorgruppe ist ferner durch ein Überstromrelais geschützt, das bei Überlastung oder Kurzschluß den Steuerstrom des der betreffenden Gruppe zugeordneten Leistungsschützes unterbricht und die Gruppe abschaltet.

Die Leistungsschütze (Bild 6) sind doppelpolig ausgebildet. Je eine Unterbrechungsstelle des Schützes schaltet einen Fahrmotor ab. Die Nennleistung einer Unterbrechungsstelle ist 250 A bei 1500 V. Betätigt werden die Schütze elektromagnetisch; die Zugspule ist allseitig von einem Gußgehäuse umschlossen und in Isoliermasse eingebettet, die eine hohe Wärmeleitfähigkeit besitzt und dadurch die in der Spule entstehende Wärme wirksam nach außen abführt[5]). Besonderer Wert wurde auf die Ausbildung des Löschsystems für den Lichtbogen gelegt. Das Magnetfeld zum Löschen des Lichtbogens wird für jede Unterbrechungsstelle durch zwei vom Hauptstrom erregte Blasspulen erzeugt; es erhält durch geeignet ausgebildete Blasbleche eine derartige Gestalt, daß die Fußpunkte des Lichtbogens an den an jedem Kontakt befindlichen Funkenziehhörnern mit großer Geschwindigkeit entlanggetrieben werden. Der Lichtbogen kommt dadurch auch bei schweren Kurzschlußabschaltungen innerhalb weniger Hundertstel Sekunden zum Verlöschen, ohne daß gefährliche Überspannungen auftreten. Das Schütz hat für jede Unterbrechungsstelle einen inneren Funkenlöschkasten und davor einen gemeinsamen Vorkasten. Die Funkenkästen sind aus lichtbogenfesten Isolierplatten aufgebaut und reichlich bemessen. Bei Schaltversuchen wurde mit diesem Schütz bei stark induktiver Belastung der 16fache Nennstrom bei Nennspannung abgeschaltet, wobei die Lichtbogenzeit 0,08 s betrug[6]).

An der Rückseite des Schützes ist eine Kontakteinrichtung mit drei Steuerstromkontakten angebaut. Diese

[5]) H. Hermle, Neue Isolierstoffe in der Elektrotechnik. Elektr. Bahnen 11 (1935) S. 145.

[6]) H. Balke, Kurzschlußsicheres Leistungsschütz. AEG-Mitt. (1935) S. 296.

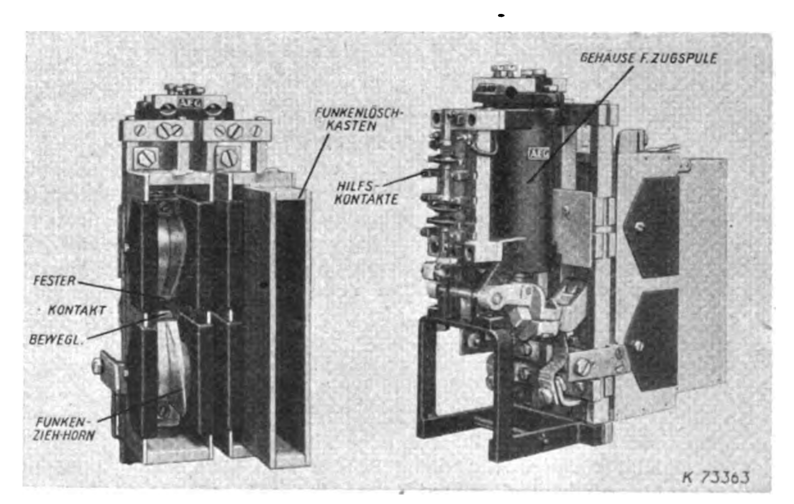


Bild 6. Doppelpoliges Leistungsschütz.

bestehen aus je zwei festen Kontakten, die eine bewegliche Kontaktbrücke verbindet. Die Kontakte sind übereinander angeordnet; die Brücken sitzen auf einer gemeinsamen Schaltstange und werden beim Ein- und Ausschalten des Schützes durch einen Schalthebel betätigt.

Das Überlastrelais besitzt mehrere Steuerstromkontakte ähnlicher Art wie das Leistungsschütz. In der Betriebslage ist die Schaltstange, die die Kontaktbrücken trägt, verklinkt. Beim Überschreiten des eingestellten Auslösestromes wird die Verklinkung durch den Auslösemagneten gelöst und dadurch das zugehörige Leistungsschütz abgeschaltet. Sollen die Steuerstromkontakte wieder in ihre Betriebsstellung gebracht werden, so muß eine Einschaltspule kurzzeitig erregt werden.

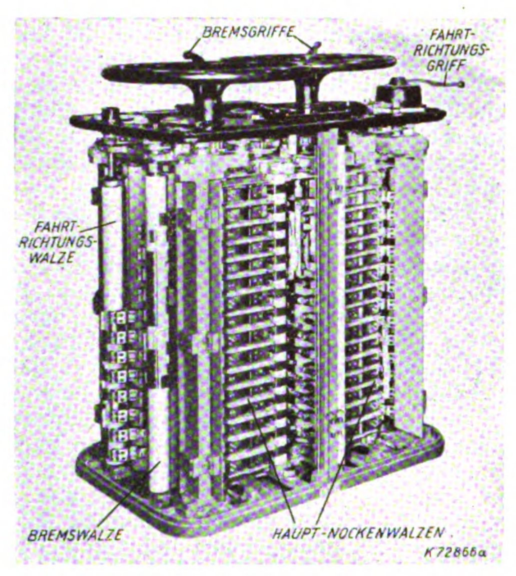


Bild 7. Starkstromfahrschalter mit abgenommenem Funkenlöscher

Der Starkstromfahrschalter (Bild 7) hat folgende Schaltaufgaben zu erfüllen:

Herstellen der Fahr- und Bremsschaltung der Motoren,
Umkehr der Fahrtrichtung durch Umschalten der Motorfelder,
Abschalten verschiedener Motorgruppen (Motortrennschaltung),
Herstellen der Motorgruppierung in Reihe oder parallel,
Abschalten der Anlaßwiderstände,
Herstellen der Langsamfahrschaltung.

Diese Schaltaufgaben werden folgendermaßen bewältigt: Zum Herstellen der Fahr- und Bremsschaltung dienen zwei Bremswalzen, die die Stellungen Bremsen — Null — Fahren aufweisen; sie sind durch ein Gestänge miteinander verbunden und werden durch einen gemeinsamen Bremsgriff betätigt.

Die Feldumkehrung zum Zweck der Fahrtrichtungsumkehr wird durch zwei Richtungswalzen vorgenommen, die miteinander durch eine Welle mit Kegeltrieb gekuppelt sind und von einem gemeinsamen Umschaltgriff betätigt werden. Außerdem wird mit den Richtungswalzen die Motortrennschaltung hergestellt. Wahlweise kann je eine Motorgruppe abgeschaltet werden, während die beiden anderen Gruppen eingeschaltet bleiben. Die von den Brems- und Richtungswalzen gesteuerten Kontakte sind, da sie keine Leistung zu schalten haben, als Schleifkontakte ausgebildet.

Das Abschalten der Anfahr- bzw. Bremswiderstände sowie die Gruppierung der Motoren geschieht durch vier Schaltwalzen, die über ein Stirnrädergetriebe miteinander verbunden sind. Insgesamt sind 45 Stellungen vorhanden, von denen die 25 Reihenstellungen auch als Bremsstellungen verwendet werden. Sämtliche Stufen sind gerastet. Da die Schaltkontakte bei diesen Walzen unter Umständen erhebliche Leistungen abzuschalten haben, sind sie als Einzelschalter mit Betätigung durch Schaltnocken ausgebildet. Jeder Einzelschalter hat sein eigenes Löschsystem mit Blasspule, Polblechen und Lichtbogen-Leitblechen. Die Lichtbogenkammern der einzelnen Schalter sind für jede Schaltwalze zu einem gemeinsamen Funkenlöscher vereinigt, der als Ganzes geöffnet und herausgenommen werden kann, so daß sämtliche Schalter einer Walze freiliegen; hierdurch wird die Wartung erleichtert. Die Schaltwalzen können wahlweise von den beiden Führerständen aus mittels zweier einander diagonal gegenüberliegender Handräder betätigt werden. Über den Handrädern sitzen die Bremsgriffe, die durch die hohlen Handradwellen hindurch die Bremswalzen betätigen. Die Bremsgriffe sind ebenso wie der Fahrtrichtungsgriff gegen die Handräder verriegelt, so daß sie nur in der Nullstellung der letzteren umgelegt werden können. Die Langsamfahrstellung wird hergestellt, wenn die Nockenwalzen und die Bremswalzen in ihrer Nullstellung und die Richtungswalzen auf „Langsamfahrt" stehen. In dieser Stellung der Richtungswalze können sämtliche Walzen durch Abziehen eines Sperrschlüssels verriegelt und mittels des abgezogenen Sperrschlüssels der Hilfsstromabnehmer für die Langsamfahrt bedient werden.

Bemerkenswert ist eine Zusatzeinrichtung zum Starkstromfahrschalter, die erstmalig für eine der deutschen Lokomotiven ausgeführt wurde und die den Wegfall der Leistungsschütze ermöglicht. Eine durch Druckluft betriebene Ausschaltvorrichtung verhindert nämlich ein Überbremsen der Lokomotive bei gleichzeitigem elektrischen und mechanischen Bremsen. Beim Erreichen eines bestimmten Bremsdruckes werden die Nockenwalzen durch einen Druckluftkolben in die Nullstellung zurückgedreht, wodurch die elektrische Bremse abgeschaltet wird. Die selbsttätige Ausschaltvorrichtung wird nur beim Bremsen durch einen von den Bremswalzen gesteuerten Hebel wirksam gemacht, während sie beim Fahren abgeschaltet ist.

Die Anfahr- und Bremswiderstände sind aus einzelnen Widerstandselementen aus Gußeisen mit hohem spezifischen Widerstand aufgebaut. Die Elemente sind auf Bolzen, die mit Mikanit isoliert sind, aufgereiht. Die Widerstandspakete sind nach Zwischenschalten starker Schraubenfedern verschraubt, damit infolge des Arbeitens der Widerstände beim Erwärmen und Wiederabkühlen kein Lockern eintritt. Der Übergangswiderstand zwischen zwei Elementen wird durch biegsame Kupferbänder überbrückt. Hierdurch wird ein unkontrollierbares Erhöhen des Gesamtwiderstandes vermieden, was für ein sicheres Ansprechen der elektrischen Widerstandsbremse von Vorteil ist. Die Widerstände sind, da bei der Lokomotive genügend Konstruktionsgewicht zur Verfügung stand, so reichlich bemessen, daß die in ihnen entstehende Wärme auch ohne künstliches Belüften hinreichend abgeführt werden kann.

b. Die Schützensteuerung

Aus betrieblichen Gründen der Zugsteuerung wurden mehrere Lokomotiven für das Werk in Mandschukuo mit einer Schützensteuerung ausgerüstet. Die Lokomotiven sind vierachsig und haben ein Dienstgewicht von 75 und 45 t. Im folgenden sei die Steuerung der 75 t-Lokomotive behandelt; die Steuerung der 45 t-Lokomotive ist ähnlich, jedoch sind die Einrichtungen der kleineren Leistung entsprechend schwächer bemessen. Die Motoren der Abraumlokomotiven sind die gleichen, wie bereits beschrieben wurde, jedoch sind sie für eine Spannung von 750 V bemessen. Die Motornennleistung beträgt 220 kW als Stundenleistung bei 650 U/min.

Das Schaltprogramm

Zwei Motoren sind dauernd in Reihe geschaltet und bilden eine Schaltgruppe. Angefahren wird über Anfahrwiderstände, wobei die beiden Motorgruppen erst in Reihe und dann parallelgeschaltet sind. Bei Reihenschaltung sind 15, bei Parallelschaltung 10 Stufen vorhanden, so daß für die Anfahrt insgesamt 25 Stufen vorhanden

sind. Die selbsterregte Widerstandsbremse mit Kreuzschaltung der beiden Motorgruppen wird, entsprechend den Reihenstufen bei Anfahrt, in 15 Stufen geregelt. Zum Schutz der Motoranker gegen die beim Bremsen auftretenden hohen Spannungen ist der Mittelpunkt von zwei in Reihe geschalteten Motoren beim Bremsen geerdet. Zum Aufrechterhalten der Bremse bei Ausfall einer Motorgruppe ist zwischen die Felder ein Schutzwiderstand geschaltet, der auch bei Beschädigen einer Motorgruppe die Erregung der noch bremsfähigen Gruppe ermöglicht. Bei Schäden kann eine Motorgruppe abgeschaltet werden, mit den beiden anderen Motoren kann jedoch nur in Reihenschaltung gefahren werden.

Zwei Lokomotiven können von einem Führerstand aus gesteuert werden. Hierfür sind 29 durchgehende Steuerleitungen nötig. Bei der Fahrt mit Zugsteuerung kann die Motortrennschaltung nicht vorgenommen werden, sondern bei Beschädigungen muß die ganze Lokomotive abgeschaltet werden. Neben der Widerstandsbremse ist noch die Druckluftbremse vorhanden, bei deren Betätigen die Widerstandsbremse abgeschaltet wird. Die Steuerspannung beträgt im Mittel 130 V und wird von einer Batterie geliefert, die durch einen Umformer geladen wird.

Die Schaltmittel

Im folgenden werden die wichtigsten Starkstromgeräte der Schaltmittel behandelt. Ein doppelpoliges Netzschütz dient zum Unterbrechen der gesamten Lokomotivleistung bei Überlast; es wird durch ein Überlastrelais gesteuert. Diese beiden Geräte entsprechen genau den bereits bei der Starkstromsteuerung beschriebenen.

Eine Anzahl von einpoligen Gruppierungs- und Widerstandsschützen dient zum Umschalten der Motorgruppen von Reihen- auf Parallelschaltung und zum Abschalten der Anfahr- und Bremswiderstände. Diese Schütze sind elektromagnetisch betätigt; die Zugspule ist, ähnlich wie bei dem Netzschütz, in einem Gußgehäuse mit gut wärmeleitender Masse eingebettet. Entsprechend der kleineren Schaltleistung ist nur eine einzige Blasspule und ein einfacher Funkenlöschkasten vorhanden. Auch die Ausbildung und Betätigung der Hilfskontakte entspricht weitgehend der Anordnung beim Netzschütz.

Der Richtungswender dient zum Umschalten der Motorfelder beim Umkehren der Fahrtrichtung. Er besteht aus einem beweglichen Kontaktkörper mit den Stellungen „Vorwärts“ und „Rückwärts“, der die Umschaltkontakte trägt, sowie den auf vier isolierten Leisten befestigten festen Kontakten. Die gesamte Kontakteinrichtung ist zwischen zwei Lagerschilden angeordnet; das eine trägt noch den elektromagnetischen Antrieb zum Betätigen des Fahrtwenders. Dieser Antrieb umfaßt je eine Magnetspule für Vorwärts und Rückwärts sowie Steuerstromkontakte. Der Fahrtwender ist in seinen Endstellungen verriegelt, damit kein ungewolltes Umstellen von Hand oder durch Fahrerschütterung auftreten kann.

Der Bremswender, der das Umschalten von der Fahrschaltung der Motoren in die Bremsschaltung vornimmt, hat die beiden Stellungen „Fahrt“ und „Bremse“ und gleicht in seinem Aufbau vollkommen dem Richtungswender.

Der Motortrennschalter zum Abtrennen jeweils einer Motorgruppe ist als Walzenschalter ausgebildet und in ein besonderes Gehäuse eingebaut. Er wird durch den abgezogenen Richtungsgriff des Führerschalters bedient.

Zum Schalten von Steuerströmen werden folgende Einrichtungen verwendet: Der Steuerstromführerschalter (Bild 8) schaltet die Steuerströme zum Betätigen des Richtungs- und Bremswenders sowie der Gruppierungs- und Widerstandsschütze. Der Fahrschalter besitzt eine Brems- und eine Richtungswalze, die übereinander angeordnet sind, und eine Hauptwalze; sämtliche Walzen sind gegeneinander verriegelt. Die Hauptwalze ist als Nockenwalze ausgebildet und steuert eine Anzahl von Steuerstrom-Nockenschaltern. Diese sind aus Isolierpreßteilen aufgebaut und mit Blasspule und Funkenkasten ausgerüstet. Die Hauptwalze hat außer der Nullstellung 15 Stellungen für Reihenschaltung und 10 Stellungen für Parallelschaltung der Motorgruppen. Die Reihenstellungen dienen gleichzeitig zum Regeln der Widerstandsbremse, nachdem die Bremswalze von „Fahren“ auf „Bremse“ umgestellt wurde. Mit dem Führerschalter ist eine zeitabhängige Totmann-Einrichtung verbunden, die die Steuerung selbsttätig abschaltet und die Luftbremse einschaltet, sobald der Lokomotivführer aus irgendeinem Grunde nicht mehr in der Lage ist, die Steuerung zu bedienen. Diese Einrichtung wird

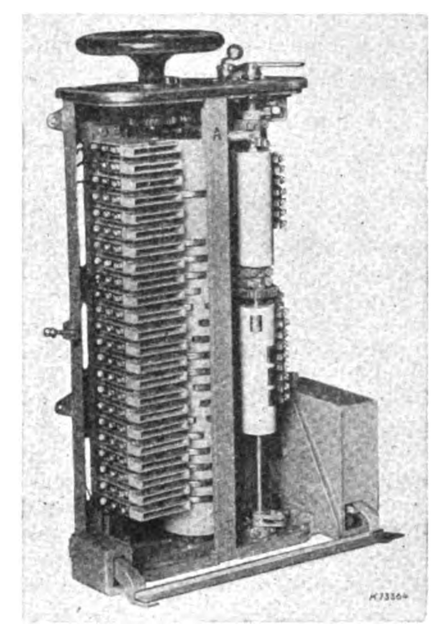


Bild 8. Steuerstromführerschalter.

nach einer bestimmten, einstellbaren Zeit wirksam, nachdem ein normalerweise niedergedrückter Fußtritt losgelassen wurde.

Der gesamte Steuerstrom der Lokomotive wird durch ein Steuerstromschütz geschaltet. Bei Ausfall oder unzulässigem Absinken der Netzspannung wird das Leistungsschütz durch ein Nullspannungsrelais ausgeschaltet, dessen Zugspule über einen Vorwiderstand unmittelbar an der Netzspannung liegt.

Sollen zwei Lokomotiven in Zugsteuerung betrieben werden, so müssen sie durch eine Steuerstromkupplung miteinander verbunden werden. Diese besteht aus einer Dose mit 16 Kontaktstiften und einem Stecker mit Kontakthülsen. An jeder Stirnwand einer Lokomotive sind zwei Dosen angebracht; durch eine besondere Einrichtung wird verhindert, daß beim Kuppeln Verwechslungen eintreten.

Die Steuerspannung wird von einer Stahlbatterie geliefert. Diese wird durch einen Umformer aufgeladen, der die Netzspannung von 1500 V auf 160 V herabsetzt; er ist als Eingehäuse-Umformer ausgeführt und ähnelt in seiner Ausführung dem oben beschriebenen Umformer für die Langsamfahrschaltung.

Tritt während des Betriebes bei der Zugsteuerung eine Beschädigung an einer Lokomotive ein, so kann deren Steuerstromkreis mittels des Wagenabschalters von dem der zweiten Lokomotive abgetrennt werden. Dieser ist als Walzenschalter ausgebildet.

Bodenuntersuchung und Erdungsmessung

(Mitteilung aus dem Wernerwerk für Meßtechnik der Siemens & Halske AG)

Von P. M. Pflier VDE und B. Marsch, Berlin

(Schluß von S. 923)

DK 621.316.99 : 621.317.39

2. Erdungsmessungen

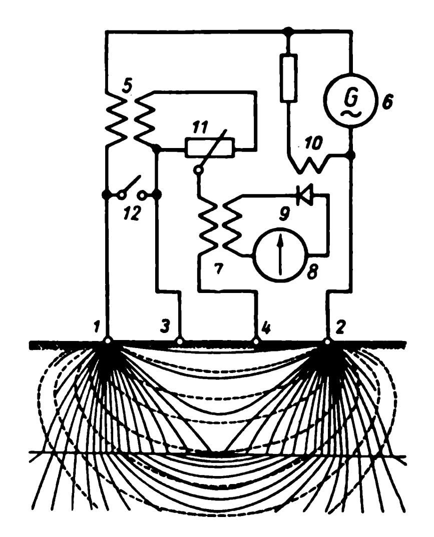
a. Bodenuntersuchung

Erdungen können reihenweise nach einem einmaligen Schema weder angelegt noch gemessen werden. Insbesondere bei Neuanlagen sind die geologischen Verhältnisse des Untergrundes zu betrachten, durch Vorversuche ist der günstigste Platz auszusuchen und eine dem Gelände entsprechende Form des Erders zu wählen. Diese Messungen sind nicht erst bei der Anlage einer Erdung, sondern bereits bei der Projektierung durchzuführen. Beim Planen von Freileitungen ist die Bodenuntersuchung besonders wichtig, um die Trasse von vornherein über ein Gelände geringer Blitzgefährdung zu führen und für jeden einzelnen Mast die zweckmäßigste Erderform zu bestimmen. Zum Aufsuchen geeigneter Erdungsstellen wird fast immer das bekannte Verfahren der Messung des spezifischen Bodenwiderstandes nach Wenner angewendet, dessen grundsätzliche Arbeitsweise aus Bild 2 hervorgeht[16]). Dies ergibt den spezifischen Widerstand $\varrho = 2\pi a E/I$, worin a die untereinander gleichen Elektrodenabstände, E die an den Spannungssonden auftretende Spannung und I den durch die Stromelektroden der Erde zugeführten Strom darstellen.

Die Messung kann mit dem Erdungsmesser mit vier Klemmen durchgeführt werden[17]) (Bild 3 und 4). Die beiden Außenelektroden führen dem Erdboden den Strom zu, die beiden Innenelektroden greifen die Spannung ab und sind bei abgeglichener Brücke stromlos, so daß ihr Zuleitungs- und Ausbreitungswiderstand die Messung nicht beeinflußt. Die Brücke arbeitet mit Wechselstrom und hat gegenüber Gleichstrombrücken den Vorzug, unabhängig von Kontaktpotentialen und Polarisationsspannungen zu sein; gegenüber anderen Wechselstrombrücken gibt ihr der eingebaute Stromwandler insofern ein Übergewicht, als er ein konstantes Verhältnis zwischen Meßstrom und Kompensationsstrom unabhängig von der Größe der Erdungswiderstände des Erders und Hilfserders aufrecht erhält. Es ist also nicht nötig, die Größe des Meßstromes zu kennen oder auf einen bestimmten Wert einzuregeln, vielmehr kann mit einem einzigen Nullabgleich sofort der gesuchte Erdungswiderstand ab-

[16]) F. Wenner, A method of measuring earth resistivity. U. S. Bur. Stand. Bull. 12 (1916) Nr. 4, S. 469. — P. M. Pflier, Messung von Erdungswiderständen. Arch. techn. Messen (1933) V 35192—2.

[17]) P. M. Pflier, Die Siemens-Erdungsmesser. Siemens-Z. 19 (1939) S. 396.



-------- ungestörtes Feld ——— gestörtes Feld

1, 2	Stromelektroden	*8*	Nullinstrument
3, 4	Spannungselektroden	*9*	Gleichrichter
5	Stromwandler	*10*	Gleichrichter-Erregung
6	Wechselstromgenerator	*11*	Kompensationskreis
7	Isolierwandler im Meßkreis	*12*	Schalter für Erdungsmessung

Bild 2. Grundschaltung des Erdungsmessers für Bodenuntersuchung und Verlauf der Stromlinien nach Hummel in waagerecht geschichtetem Untergrund, falls die untere Schicht besser leitet als die obere.

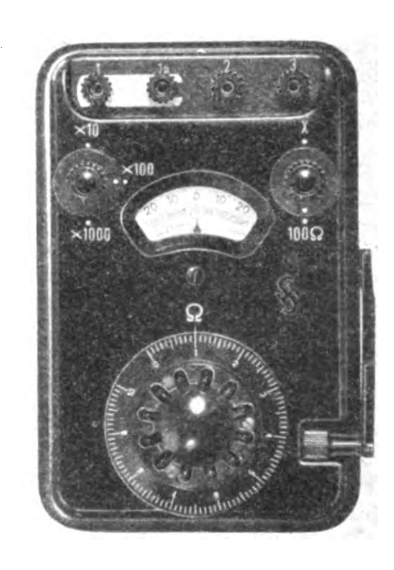


Bild 3. Erdungs- und Bodenleitfähigkeitsmesser.

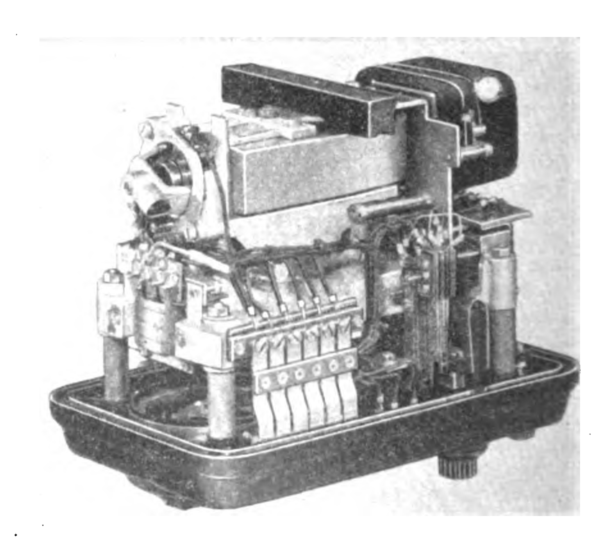


Bild 4. Innenansicht der Schalterseite des Erdungsmessers

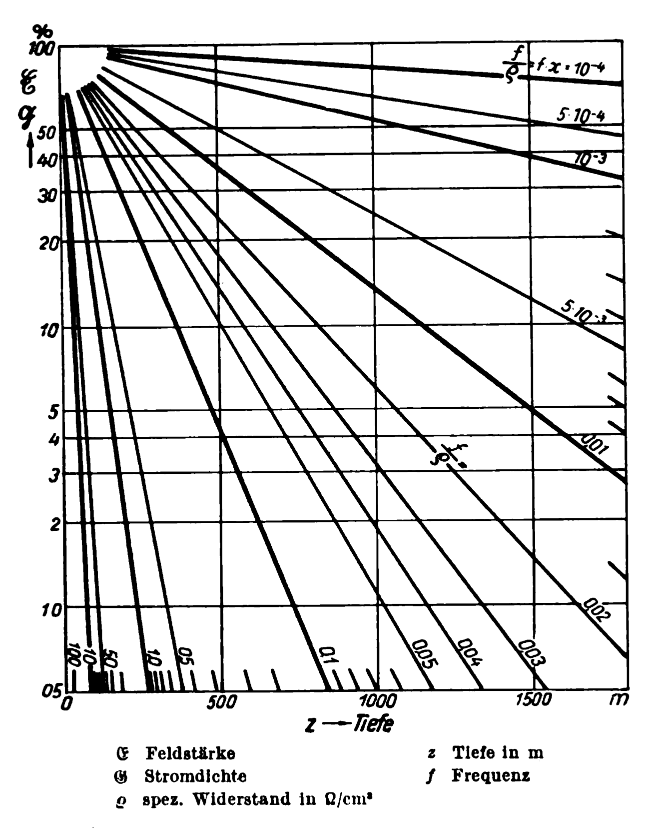


Bild 5. Abhängigkeit der Eindringtiefe von Meßfrequenz und spezifischem Bodenwiderstand nach G. de Niem [18]).

gelesen werden, wodurch sich eine bedeutende Vereinfachung und Beschleunigung der Messungen ergibt. Anderseits ist die gewählte Meßfrequenz von 70 Hz auch nicht so hoch, daß sich der Skineffekt, der die Eindringtiefe mit wachsender Frequenz beschränkt, unangenehm bemerkbar machen würde. Bild 5 zeigt die Eindringtiefe als Funktion der Frequenz und des spezifischen Widerstandes nach G. de Niem [18]).

Bereits bei Mittelfrequenz nimmt die Eindringtiefe stark ab, bei Hochfrequenz ist sie sehr gering und weitgehend von der Beschaffenheit der für die Erdungsmessungen uninteressanten obersten Humusschicht abhängig, deren Widerstandswert erfahrungsgemäß großen und örtlich eng begrenzten Schwankungen unterworfen ist. Durch Einstellen der richtigen Phasenlage zwischen Elektrodenstrom und -spannung wird nur der Wirkwiderstand gemessen, und Induktionswirkungen der Elektrodenzuleitungen aufeinander werden vermieden. An Stelle des Wirkwiderstandes könnte natürlich auch die kapazitive Komponente des Gesteinwiderstandes bestimmt werden. Diese Messung hat jedoch als Bodenuntersuchungsverfahren wenig Aussicht auf Erfolg, da sich die Dielektrizitätskonstanten der einzelnen Böden weit weniger unterscheiden als ihre spezifischen Widerstände.

Je nachdem, ob es sich um die Ermittlung der Tiefe des Grundwasserspiegels oder um das Aufsuchen von Wasseradern handelt, ist die Arbeitsweise bei diesem Verfahren etwas verschieden [19]). Hält man bei der Schaltung nach Bild 2 die Symmetrieebene der Elektroden fest und vergrößert allmählich die Elektrodenabstände gleichmäßig nach beiden Seiten, so erhält man eine Reihe von Meßpunkten, die den spezifischen Widerstand des Bodens zwischen den Spannungselektroden als Funktion der Tiefe darstellen, da die Eindringtiefe etwa gleich dem Elektrodenabstand ist. Das Erreichen des Grundwasserspiegels macht sich durch starke Abnahme des spezifischen Widerstandes bemerkbar. Diese Arbeitsweise wird als Sondieren bezeichnet. Beim Aufsuchen von Wasseradern dagegen wird mit einem zweckentsprechenden festen Elektrodenabstand das Gelände abgetastet, indem man mit der ganzen Meßanordnung wandert; die Wasseradern heben sich dann wieder durch verminderte Widerstandswerte ab. Diese Arbeitsweise bezeichnet man mit Kartieren. In einem Gebiet, dessen geologische Beschaffenheit Moorbildungen begünstigt, z. B. wassersperrende Schichten, bedeckt von porösem Gestein, können Zonen auftreten, die zwar in sich gute Leiter darstellen, die aber weder hydrologisch noch elektrisch gute Ableitungen zum Grundwasser haben. Hier kann durch mehrmaliges Kartieren mit verschiedener Tiefenwirkung Aufklärung geschaffen werden. Die Kolkbildungen, Dolinen usw. machen sich besonders bei kleinen Elektrodenabständen bemerkbar, wenn alle Elektroden in der Zone der Wasserstauung stehen; bei größeren Abständen werden die Anzeigen dann kleiner. Bei derartigen Messungen ist die Verwendung niederfrequenten Wechselstromes besonders wichtig, da Hochfrequenz zu stark an die in diesem Fall besser leitende Erdoberfläche gebunden bleibt.

b. Erdungsmessung

Ist nun Platz und Form des Erders gewählt, so wird während der Herstellung der Erdung der Erdungswiderstand laufend überwacht. Bei Mehrfacherdern und Masterdern mit Erdseil werden Trennstellen vorgesehen, um den Widerstand jedes einzelnen Erders getrennt zu erfassen. Wo sich Anomalien zeigen oder das Meßergebnis irgendwie zweifelhaft erscheint, sind die Messungen zu erweitern:

Durch Wandern mit der Sonde zwischen Erder und Hilfserder. Dadurch erhält man die zuweilen gewünschte Trennung in Übergangswiderstand an der Elektrode, Bettungswiderstand und Ausbreitungswiderstand, sowie den Verlauf des Ausbreitungswiderstandes und die Größe der Sperrfläche.

Durch Vergrößern des Hilfserderabstandes, wenn sich bei den ersten ausgeführten Messungen kein genügend großes waagerechtes Stück in der über dem Sondenabstand aufgetragenen Kurve des Ausbreitungswiderstandes ergibt, die Sperrflächen von Erder und Hilfserder sich also berühren oder überschneiden.

Durch Ausmessen des Erders in verschiedenen Richtungen, wenn die Vermutung besteht, daß die Sperrfläche nicht kreisrund ist oder der Untergrund eine Abnormität aufweist.

Selbstverständlich sind solche Messungen nur einmal bei der Anlage der Erdung erforderlich. Später kann man den Stand von Hilfserder und Sonde bei der ersten Messung in einen Erdungsplan eintragen und bei allen künftigen Messungen dieselben Meßstellen benutzen. Auch dann erhält man eine gute Überwachung der Erdung, ohne daß die gemessenen Werte die wahren Ausbreitungswiderstände zu sein brauchen. Auf die wahren Werte kommt es übrigens auch gar nicht an. Es genügt fast immer, zu wissen, daß der Erdungswiderstand unter einem geforderten höchstzulässigen Wert liegt. Diese Messungen mit Hochfrequenz oder Stoßströmen auszuführen, erscheint abwegig, da der Ausbreitungswiderstand, wie im ersten Abschnitt gezeigt wurde, kapazitiven Charakter hat, also bei Stoßströmen kleiner ist als bei Niederfrequenz. Um aber die Induktivität des Erdseils, der Erdleitung und des Erders zu erfassen, müßte die Messung bei Leitungsmasten von der Mitte des Erdseiles zwischen zwei Masten, bei Blitzableitern vom Dach aus stattfinden. Die Stoßwiderstände dieser Teile der Erdungsanlage sind jedoch für alle gleichen Anlagen gleich groß, brauchen also nur einmal gemessen zu werden. Sind Ausführung des Erdseils, des Mastes oder der Erdleitung und des Erders einmal gewählt und ihre Stoßwiderstände durch Rechnung oder Messung festgelegt, so braucht beim Errichten von Erdern nur der von Mast zu

[18]) G. de Niem, Feldstärke und Stromdichte eines Dipols im Erdboden. Beitr. angew. Geophys. 7 (1937) S. 170.

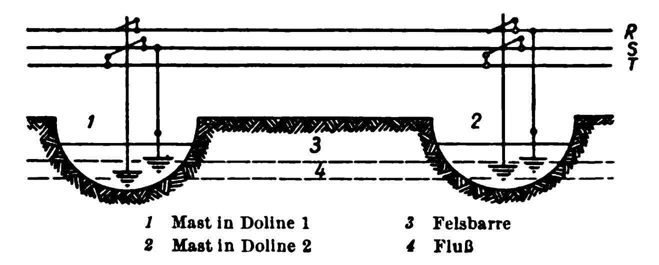
[19]) B. Marsch, Die elektrische Meßtechnik in der geophysikalischen Bodenforschung. Elektr. i. Bergbau 15 (1940) S. 17.

Mast verschiedene Ausbreitungswiderstand gemessen zu werden, da man auf den Stoßwiderstand der Zuführungsleitung keinen Einfluß mehr hat. Für die Messung des Ausbreitungswiderstandes ist aber weder Hochfrequenz noch ein Stoßgenerator erforderlich. Über die Steilheit der Blitzströme liegen übrigens noch wenig Erfahrungen vor, und es ist somit auch noch nicht entschieden, welche Frequenz und Stoßwelle der Wirklichkeit am nächsten kommt. Nach amerikanischen Mitteilungen[20]) wurde als größte Steilheit des Stromanstieges 40 kA/µs beobachtet. Soll die gleiche höchste Steilheit durch einen Sinusstrom erzielt werden, so ergäbe sich bei 10 mA Effektivwert eine Meßfrequenz von etwa 600 000 MHz entsprechend 0,5 mm Wellenlänge. Da weder Meßgeräte für eine auch nur annähernd so hohe Frequenz herstellbar sind, noch der Meßstrom ohne allzu großen Aufwand erheblich gesteigert werden kann, würde schließlich nur die Messung mit einem Stoßgenerator und Kathodenstrahloszillographen übrig bleiben. Von anderer Seite wurde als äquivalente Frequenz für den Blitzstrom 100 kHz angegeben, was entweder auf die Annahme einer viel geringeren Steilheit des Blitzstromes oder auf die Wahl eines größeren Meßstromes zurückgeführt werden kann.

c. Anormale Bodenverhältnisse

Als Beispiel für die Möglichkeit von Fehlmessungen bei mangelhafter Beobachtung der geologischen Verhältnisse möge eine Doline im Karst (Bild 6) betrachtet werden. Eine Doline ist eine Mulde im Karst, in die der Regen im Laufe der Jahre den Boden der nunmehr kahlen Hänge geschwemmt hat. Wir haben also eine mit gut leitendem Material gefüllte Mulde, die in eine Gesteinschicht geringer Leitfähigkeit eingebettet ist. Dabei ist es nun selbstverständlich nicht angängig, den Ausbreitungswiderstand eines in dieser Doline sitzenden Erders gegen einen Hilfserder zu messen, der ebenfalls in dem gut leitenden Boden sitzt, da die gesamte Fläche der Doline als Sperrfläche des Erders angesehen werden muß, wie sich aus Vergleichsmessungen mit verschiedenen Hilfserderabständen und Wandern der Sonde zwischen Erder und Hilfserder ohne weiteres ergibt. Der Hilfserder ist in diesem Fall in genügender Entfernung im Karst anzubringen, da nur so der gesamte Ausbreitungswiderstand erfaßt werden kann.

Ein solcher Fall wird aus Schweden berichtet[21]). Zwei an demselben Fluß in 10 km Entfernung voneinander gelegene Kraftwerke waren durch eine 40 kV-Hochspannungsleitung verbunden. Zum Überprüfen des Selektivschutzes wurden in dem sumpfigen Gelände bei beiden Stationen Erder angelegt und in der einen Station die Phase R, in der anderen die Phase S geerdet (Bild 7). Obwohl der Erdungswiderstand der Erder zu nur 2 bis 3 Ω bestimmt wurde und der Fluß in der Nähe beider Kraftwerke vorbeiführte, sprachen die Schutzrelais auf diesen doppelpoligen Erdschluß nicht an. Ein Nachmessen ergab bei der Spannung von 40 kV einen Kurzschlußstrom von 15 A, also einen Erdungswiderstand von



1 Mast in Doline 1
2 Mast in Doline 2
3 Felsbarre
4 Fluß

Bild 7. Trennung zweier Erdungen durch eine Felsbarre.

2670 Ω. Die Erklärung wurde in folgenden Verhältnissen gefunden: Beide Kraftwerke stehen in Talmulden auf gut leitendem Boden, und der Erdungswiderstand wurde mit Hilfserdern ermittelt, die innerhalb der gut leitenden Bodenschicht eingetrieben waren. Die Kraftwerke sind aber durch eine Felsbarre geringer Leitfähigkeit getrennt, und auch der Fluß konnte die Stromleitung nicht übernehmen, da er auf der ganzen Strecke ein Kiesbett durchströmt, wodurch ein ungewöhnlich gutes Filtern und Reinigen des Wassers stattfindet. Im übrigen führte der Fluß in der Hauptsache Schmelzwasser, dessen geringe Leitfähigkeit auch aus anderen Messungen bekannt ist.

d. Erdungsmessung mit aufgelegtem Blitzseil

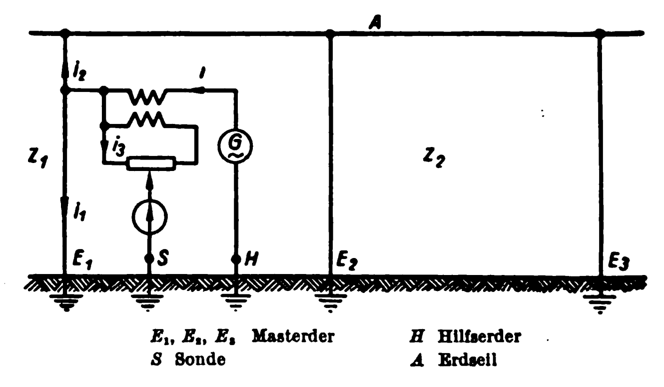
Bei Freileitungen mit aufgelegtem Blitzseil kann der Erdungswiderstand des einzelnen Mastes mit den üblichen Erdungsmessern nicht ermittelt werden, da nur ein Teil des Meßstromes durch den zu messenden Erder, ein anderer Teil durch das Blitzseil und die parallel geschalteten Erdungen der anderen Maste fließt (Bild 8). Bezeichnet man den Erdungswiderstand des zu prüfenden Mastes mit z_1 und den Kombinationswiderstand des Blitzseiles und der parallel geschalteten übrigen Masterdungen mit z_2, so gilt:

$$i = i_1 + i_2, \qquad \frac{z_1}{z_2} = \frac{i_2}{i_1},$$

und es ergibt sich

$$\text{für } z_2 = 0, \quad i_1 = 0; \qquad \text{für } z_2 = \infty, \quad i_1 = i.$$

Die Messung ergibt also einen zu kleinen Wert des Erdungswiderstandes, da der im Kompensationskreis fließende Strom i_3 größer ist als der mit dem Übersetzungsverhältnis K des Wandlers multiplizierte Strom im Erder i_1. Der Fehler ist um so größer, je kleiner der Kombinationswiderstand z_2 ist. Der gemessene Widerstand ist auch keineswegs der Gesamt-Erdungswiderstand aller verbundenen Maste, da der Spannungsabfall nur an einem Mast gemessen wird. Wenn man den Gesamt-Erdungswiderstand der Leitung ermitteln wollte, so müßte der Abstand von Sonde und Hilfserder senkrecht zur Leitungsrichtung sehr groß gewählt werden. Zur Ermittlung des Erdungswiderstandes des Einzelmastes kann man folgende Verfahren anwenden:

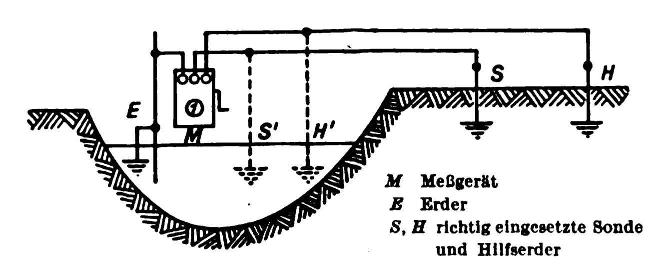


E_1, E_2, E_3 Masterder
S Sonde
H Hilfserder
A Erdseil

Bild 8. Erdungsmessung mit aufgelegtem Blitzseil.

[20]) W. W. Lewis und C. M. Foust, Lightning surges on transmission lines natural lightning. Gen. Electr. Rev. 39 (1936) S. 543. — K. B. McEachron und W. A. McMorris, The lightning stroke, Mechanism of discharge. Gen. Electr. Rev. 39 (1936) S. 487.

[21]) K. Schinkler u. F. Jäger, Das fernbediente Wasserkraftwerk Atorp. Siemens-Z. 14 (1934) S. 234.



M Meßgerät
E Erder
S, H richtig eingesetzte Sonde und Hilfserder
S', H' falsch eingesetzte Sonde und Hilfserder

Bild 6. Erdungsmessung in einer Doline.

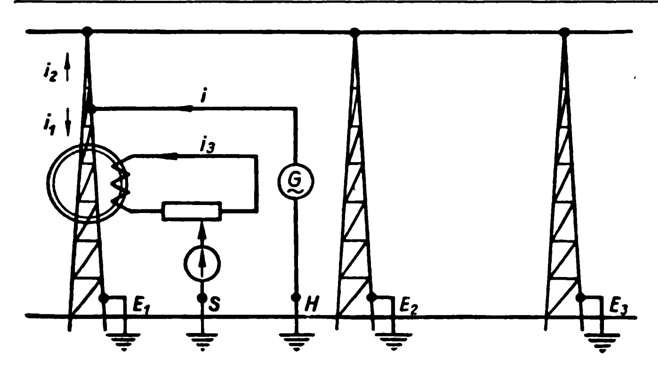


Bild 9. Erdungsmessung bei aufgelegtem Blitzseil mit Maststromwandler nach Matthias. Erläuterungen wie vorher.

1. Abklemmen des Erders vom Mast. Man kann dann zwar den Ausbreitungswiderstand des Erders messen, jedoch nicht den Ausbreitungswiderstand des Mastfußes.
2. Abheben des Blitzseiles. Diese Messung ist auf jeden Fall einwandfrei. Auch wurde bereits vorgeschlagen, das Blitzseil mit geringer Isolation auf den Masten zu verlegen und diese Isolation durch einen Schalter am Mastfuß zu überbrücken; doch scheint sich diese Ausführung nicht eingeführt zu haben, da sie natürlich die Blitzgefahr erhöht. Zweckmäßiger ist es, die Isolation unmittelbar am Mastkopf durch eine lösbare Verbindung zu überbrücken.
3. Matthias schlug vor, den Stromwandler aus der Brücke zu entfernen und um den Mast selbst zu legen[22]), so daß er nur den tatsächlichen Erderstrom umfaßt (Bild 9). Auch diese Ausführung ist einwandfrei, doch wurden keine derartigen Einrichtungen bekannt.

Die mit aufgelegtem Blitzseil gemessenen Werte sind nur als Vergleichszahlen zu werten; sie ändern sich mit der Änderung des gemessenen Erders, mit den Abständen von Sonde und Hilfserder und mit der Änderung eines der parallelgeschalteten Erder. Daher empfiehlt es sich nicht, auf diese Weise ermittelte Werte irgendwelchen Berechnungen zugrunde zu legen.

[22]) DRP. 641 279, 669 275 und 701 471.

Zusammenfasung

Die oberste Erdkruste kann als Scherbenhaufen angesehen werden, dessen Leitfähigkeit in erster Linie durch seine Wasserführung bestimmt ist. Aufgabe der geoelektrischen Verfahren bei der Projektierung von Erdungen ist es, entweder die Tiefe des Grundwassers oder die Lage wasserführender Stellen zu ermitteln. Diese Messungen sind besonders wichtig bei der Festlegung einer Leitungsführung, damit die Trasse von vornherein durch ein Gebiet geringer Blitzgefährdung geführt wird.

Die Meßfrequenz darf dabei nicht zu hoch gewählt werden, da sonst der Skineffekt die Eindringtiefe begrenzt. Der Ausbreitungswiderstand des Erders hängt in erster Annäherung vom spezifischen Bodenwiderstand und der linearen Ausdehnung des Erders ab. Er ist nach schwedischen und amerikanischen Messungen nicht konstand, sondern nimmt mit steigender Stromamplitude ab und ist auch gegenüber Impulsströmen kleiner als gegenüber niederfrequenten Wechselströmen. Die Messung des Ausbreitungswiderstandes mit Niederfrequenzströmen kleiner Amplitude, wie sie die gebräuchlichen Erdungsmesser liefern, ergibt also zu hohe Werte für den Ausbreitungswiderstand gegenüber Kurzschluß- und Blitzströmen, wodurch diese Messungen eine gewisse Sicherheit erhalten. Ein anderes Verhalten der Erder ist vermutlich auf die Induktivität der Erdleitung zurückzuführen. Diese Induktivität kann errechnet oder einmalig gemessen werden, und es ist insbesondere bei Freileitungen mit gleichen Masten nicht erforderlich, an jedem Mast den konstanten Erdleitungswiderstand mitzumessen, sondern würde im Gegenteil die Meßgenauigkeit für den veränderlichen Ausbreitungswiderstand verringern. In geologisch bewegtem Gelände muß die Tektonik des Untergrundes bei der Erdungsmessung berücksichtigt werden, wenn man Fehlmessungen vermeiden will. Die richtige Anordnung der erforderlichen Hilfserden und Sonden unter Berücksichtigung der Bodenstruktur erscheint für das Meßergebnis wichtiger als Frequenz und Amplitude des Meßstromes, und es sind weder Hochfrequenz- noch Stoßströme zur Messung des Ausbreitungswiderstandes bei der Errichtung und Überwachung von Erdungsanlagen erforderlich.

Platin-Nickel, ein neuer Edelmetall-Kontaktwerkstoff der Schwachstromtechnik

(Mitteilung aus dem Zentrallaboratorium der Werner-Werke der Siemens & Halske AG)

Von E. Döring, Berlin

DK 621.395.65 : 546.74+.92

Von jeher sind Platinkontakte überall dort unentbehrlich, wo kleine und kleinste Leistungen bei geringen Kontaktkräften zuverlässig geschaltet werden müssen. Durch Iridiumzusatz wurden Schmelzpunkt, Lichtbogengrenzstrom und Härte, d. h. Belastbarkeit und mechanische Verschleißfestigkeit der Kontaktlegierung, heraufgesetzt, die edelmetallisch bleibt und sich noch hervorragend verformen läßt. Ein Nachteil bei Gleichstrom ist die zu feinen Spitzen führende Werkstoffwanderung von der Anode zur Kathode, durch die es zu Betriebsstörungen und schließlich zum Verschweißen der Kontakte kommt, wenn sie nicht regelmäßig gepflegt werden[1]). Das Bedürfnis, hier Abhilfe zu schaffen, sowie der Preis, insbesondere des Iridiums, waren der Anlaß zu eingehenden Untersuchungen dieser Kontaktfragen. Auf Grund derselben kam es zu der Einführung einer neuen Legierung, Platin mit 8 % Nickelgehalt. Hiermit werden nämlich vom wirtschaftlichen wie vom technischen Standpunkt aus Verbesserungen erzielt.

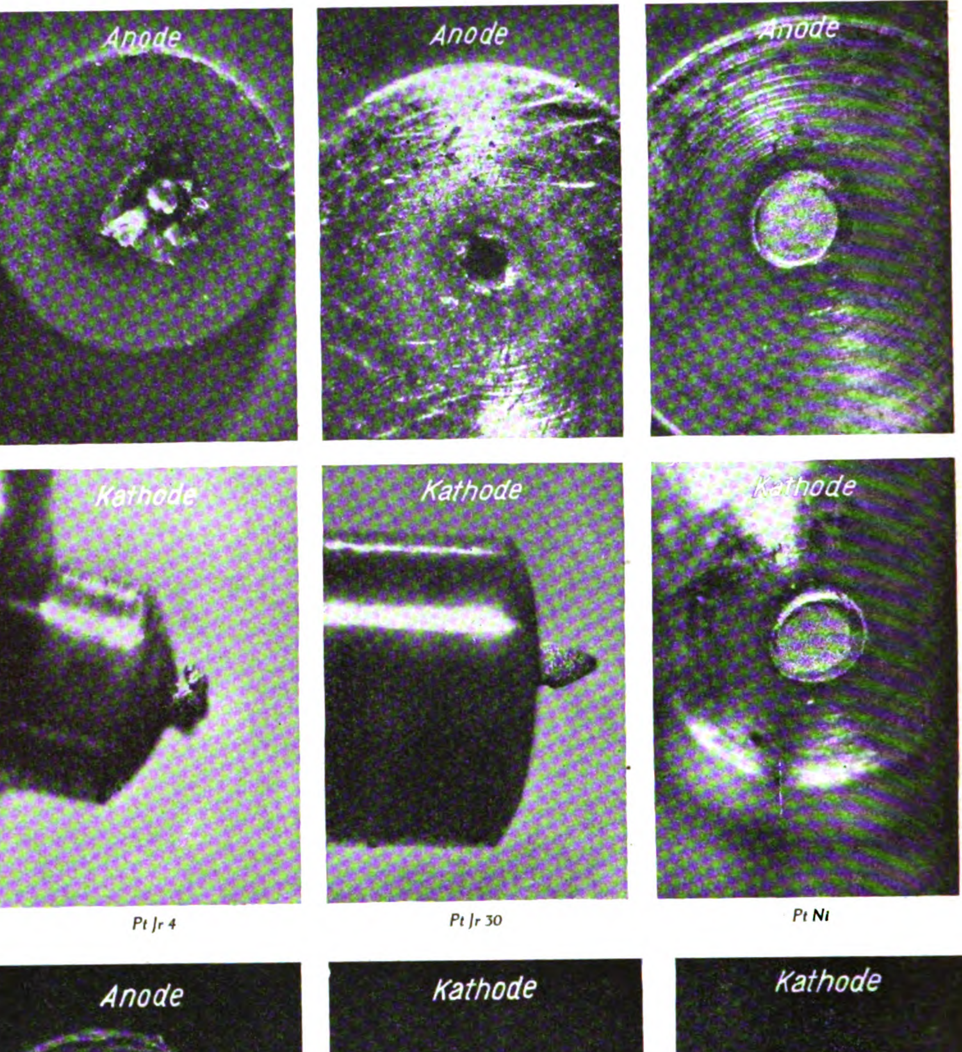
[1]) S. a. W. Burstyn, Neue Beobachtungen an Silberkontakten. ETZ 62 (1941) H. 7, S. 149. Ferner die grundlegende Arbeit R. Holm, Aus der technischen Physik elektrischer Kontakte. ETZ 62 (1941) H. 29 S. 633.

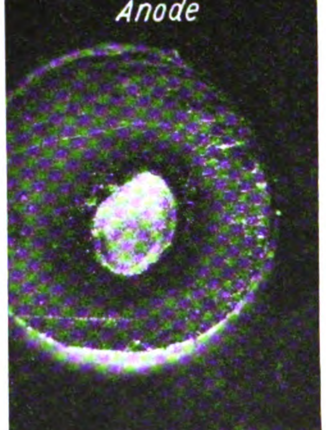
Verhalten und Eigenschaften der Kontakte

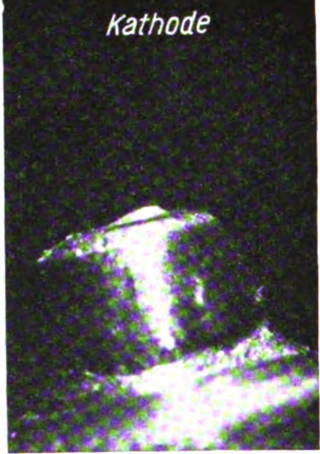
Der neue Kontaktwerkstoff mit an sich schon rd. 20 % geringeren Edelmetallkosten wird als Sparkontakt nur noch aufplattiert, wodurch weitere 40 bis 45 % eingespart werden. Er besitzt nicht nur unverändert alle guten Eigenschaften des Platin-Iridiums, sondern zeichnet sich auch noch besonders dadurch aus, daß die Kontakte viel weniger dazu neigen, Spitzen zu bilden, wie dies anschaulich aus den beigefügten Mikroaufnahmen hervorgeht. Bild 1 und 2 zeigen Platin-Iridium- und Platin-Nickel-Kontakte, die bei gleicher Schwachstrombelastung durch Gleichstrom ohne Funkenlöschung 22,5 Mill Schaltungen ausgeführt haben.

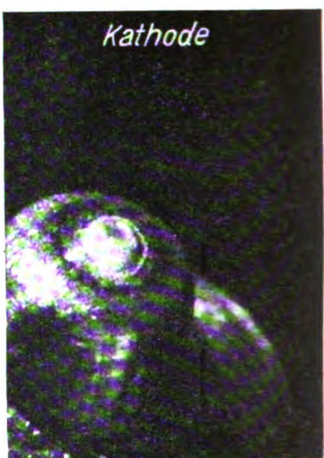
Während in Bild 1 von den Pt-Ir-Kontakten sowohl die mit niedrigem wie mit hohem Ir-Gehalt (4 bzw. 30 %) deutlich Spitzen auf der Kathode und entsprechende Löcher auf der Anode aufweisen, ist auf den Platin-Nickel-Kontakten nur ein schwacher, mehr in die Breite gehender Angriff vorhanden. Bild 2 zeigt noch etwas deutlicher den ähnlich günstigen Befund an Pt-Ni 8-Kontakten. Der Kathodenkontakt ist hierbei in zwei verschiedenen Ansichten, der Seitenansicht und schrägem Draufsicht dargestellt.

Aus Bild 3 mit Darstellung von Kathoden erkennt man wiederum die hierbei zwar etwas anders geartete, jedoch gegenüber Pt-Ir 4 kleinere Stoffwanderung der neuen Legierung. Beide Kontakte haben bei einer anderen Belastung ebenfalls ohne Funkenlöschung unter sonst gleichartigen Bedingungen 13,5 Mill Schaltungen gemacht. Die elektrische Leitfähigkeit von Pt-Ni 8 ist etwa halb so groß wie die von Pt-Ir 4 und etwa gleich der von Pt-Ir 10, den der neue Werkstoff in der Härte noch übertrifft. Er ersetzt daher in manchen Fällen auch die noch teureren Legierungen mit etwa 25 % Iridium. Größere Härte









Pt Ni 8

Bildgruppe 1 u. 2 *). Kontakte aus 4 bzw. 30%igem Platin-Iridium und Platin-Nickel nach gleicher Kontaktbelastung und 22,5 · 10⁶ Schaltungen.

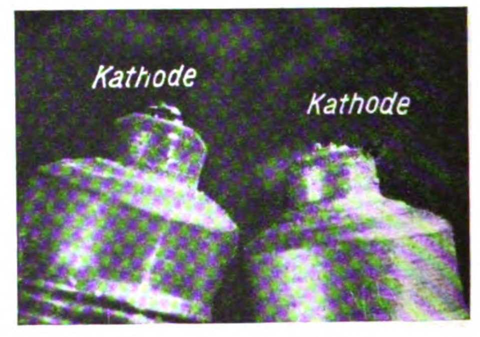
1 mm

ist meistens des kleineren Stoffverschleißes wegen erwünscht, bedeutet dabei aber keineswegs zu schwierige Verarbeitbarkeit, wie dies aus der verhältnismäßig hohen

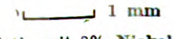
Tafel 1. Wichtigste Eigenschaften des Platins, der Platin-Iridium-Legierungen und des Platin-Nickels.

Werkstoff	Brinell-Härte kg/cm² geglüht	Brinell-Härte kg/cm² verformt	Zerreißfestigkeit geglüht kg/mm²	Dehnung % geglüht	spezifisches Gewicht g/cm³	elektrische Leitfähigkeit bei 20 °C S · cm — 10⁻⁴	Schmelzpunkt °C
Platin	40	80 .. 90	20	24	21,4	9,5	1773
Pt-Ir 4	70	130	35	14	21,5	5,9	1780
Pt-Ir 10	109	173	57	12,2	21,6	4,0	1790
Pt-Ni 8	156	240	rd. 67	rd. 20	19,07	3,65	1676
Pt-Ir 25	209	281	107	12,3	21,7	2,96	1865
Pt-Ir 30	228	318	117	13,2	21,8	2,83	1880

*) Die Bilder 1 bis 3 sind Aufnahmen des Verfassers.



Pt Jr 4 Pt Ni 8



1 mm

Bild 3. Kontakte aus Platin mit 4% Iridium und Platin mit 8% Nickel nach gleicher Schwachstrombelastung und 13,5 . 10⁶ Schaltungen.

Dehnung von Pt-Ni 8 nach Tafel 1 hervorgeht, in der alle wichtigen Eigenschaften der verschiedenen Werkstoffe zusammengestellt sind. Der Edelmetallcharakter bleibt trotz des Nickelzusatzes infolge Mischkristallbildung gesichert.

Die Vorzüge von Platin-Nickel mit 8 % Ni beschränken sich auf das Gebiet kleiner und kleinster Ströme und Leistungen, wie sie z. B. in der Fernschreibtechnik üblich sind. Derartige Platin-Nickel-Kontakte wurden bereits in großem Umfange und bisher mit gutem Erfolg in der Schwachstromtechnik benutzt, so daß Gelegenheit besteht, Erfahrungen auch über längere Zeit zu sammeln[2]).

[2]) Kontaktlegierungen aus Metallen der Platin- und Eisengruppe wurden in den V. S. Amerika durch das USA-Patent Nr. 1 832 307 im Jahre 1931 geschützt. Irgendwelche Mitteilungen über die dortige Verwendung einer Platin-Nickel-Legierung in der Praxis sind jedoch nicht bekannt geworden.

Inbetriebsetzung großstädtischer Versorgungsnetze nach Zusammenbrüchen[1])

DK 621.311.1

Der Betrieb hochbelasteter Netze, wie sie überwiegend in Welt- und Großstädten vorkommen, ist bei steigender Größe der Netzeinheiten in mancher Hinsicht vorteilhaft, bringt aber auch Gefahren mit sich, denen rechtzeitig vorgebeugt werden muß. Der großen Freizügigkeit solcher Systeme, die sich in hoher Wirtschaftlichkeit der Stromerzeugung und der Sicherheit gegen Einzelausfälle darstellt, steht das schwerwiegende Problem gegenüber, wie man im Falle des totalen Zusammenbruches ein solches Großnetz wieder in Betrieb bringen kann. Jeder verantwortliche Betriebsmann muß die für ihn maßgebenden Verhältnisse sorgfältig prüfen und entsprechende Vorbereitungen treffen. Nach Lage der Dinge werden diese praktisch für jeden Einzelfall verschieden sein, da kaum zwei solcher Versorgungssysteme einander gleich sind. Allgemein wird es sich aber immer in allen Fällen um dieselben grundsätzlichen Maßnahmen handeln müssen. So muß schon bei der Projektierung und beim Bau der Betriebsmann eingeschaltet werden, um auch von seinem Gesichtspunkt aus eine entsprechende Gestaltung des Netzes herbeizuführen. Ferner muß eine schlagkräftige Betriebsorganisation — im allgemeinen vom Lastverteiler ausgehend — geschaffen werden, die auf einigen grundsätzlichen Betriebsanweisungen aufzubauen ist. Schließlich ist der Ausbildung des Betriebspersonals größte Aufmerksamkeit zu schenken, wobei die Frage, ob Störungsfälle in Form von Betriebsübungen durchexerziert werden sollen, umstritten ist und von Fall zu Fall entschieden werden muß.

Auf Grund einiger größerer Netz-Zusammenbrüche hatte die AIEE dieses Thema auf das Programm ihrer Wintertagung, die in New York im Januar 1940 abgehalten wurde, gesetzt. Hierzu wurden vier Ausarbeitungen eingereicht, die offenbar von erfahrenen Betriebsleuten verfaßt sind, denn die Schwierigkeiten und Sorgen, die der Lastverteiler (load dispatcher) bzw. der Netzleiter (system operator) in solchen Versorgungssystemen haben, sind sehr betriebsnah dargestellt. Aus der Fülle der gebrachten interessanten Betriebserfahrungen sei mit Rücksicht darauf, daß solche Veröffentlichungen sehr selten sind, auf folgendes hingewiesen:

Im Bericht der Duquesne Light Company[2]) wird zur Erläuterung der Betriebserfahrungen zunächst eine Beschreibung des Versorgungssystems gegeben. Ein 66 kV-Netz bildet das Rückgrat der Versorgung von Pittsburg. Es ist durch Drosselspulen in zwei Teile geteilt und speist acht Abspannwerke, die den Strom in ebenso viele voneinander getrennte Bezirke liefern. Die Belastungsspitze beträgt etwa 400 000 kW. Besondere Beachtung hat man der Sicherheit der Eigenbedarfsversorgung der Kraftwerke gewidmet, indem u. a. besondere Eigenbedarfsgeneratoren an die Hauptturbinen mit angekuppelt sind. In allen Hochspannungsanlagen ist strenge Gruppentrennung durchgeführt. Der Absatz des Unternehmens geht zu 53 % an die Industrie, zu 25 % an Wohnungen und Geschäfte, der Rest an die Bahnen. Bei Spannungsschwankungen fallen viele Umformer mit entsprechendem Belastungsrückgang aus, was sich nach Störungen durch Verlangsamung des Lastanstieges oftmals günstig ausgewirkt haben soll. Nach Beschreibung einiger weniger wichtiger Störungen, die durch Pendelungen, Orkane oder Eislast hervorgerufen wurden, folgt eine ausführliche Darstellung des Netzzusammenbruches, der im März 1936 durch das Hochwasser des Ohio entstand. Hierbei gelang es durch entsprechende Maßnahmen des Lastverteilers, bis zum völligen Spannungsloswerden stets das Gleichgewicht zwischen den noch in Betrieb befindlichen Kraftwerken und den noch abnahmefähigen Verbrauchern zu halten. Schrittweise wurden alle Anlagen spannungslos gemacht, bevor das Wasser die Isolierung erreichte. Nach Ausfall der Fernsteuerung wurden die Schalter unter Benutzung von Booten durch Handbetätigung geschaltet. Auch das gesamte Nachrichtenwesen versagte, so daß die Durchgabe von Schaltanweisungen über den Rundfunksender vereinbart wurde. Ebenso planmäßig wie die Außerbetriebsetzung am 18. 3. erfolgt war, konnte die Wiederinbetriebnahme am 26. 3. nach dem Rückgang des Hochwassers vorgenommen werden, ohne daß ernsthafte Beschädigungen zurückblieben. Dieser Erfolg wird auf das Vorhandensein von genügend und gut ausgebildetem Personal zurückgeführt sowie auf die ausgezeichneten Programme und Anweisungen des Lastverteilers.

Die Philadelphia Electric Company[3]) kann glücklicherweise über eigene Erfahrungen bei Netzzusammenbrüchen nicht berichten. Trotzdem wird die Möglichkeit

[1]) Zusammenfassender Bericht aus Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 563 bis 585.

[2]) W. C. Bryson u. A. P. Hayward, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 563.

[3]) H. A. Dryar u. R. Bailey, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 571.

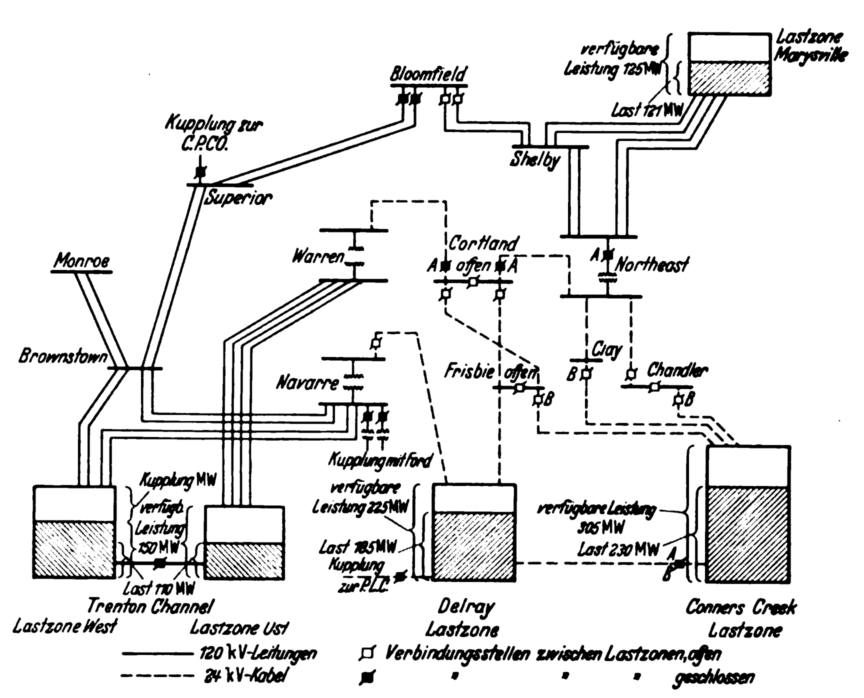


Bild 1. Zonenunterteilung des Stromversorgungssystems in Detroit.

eines solchen bei den Betriebsmaßnahmen jederzeit im Auge behalten. Schon beim Bau der Schaltanlagen wird auf brandsichere Gruppentrennungen strengstens geachtet. Alle Verbindungen und Kupplungen werden möglichst einfach und untereinander gleichartig ausgelegt. Das große 66 kV-Netz ist in zwei Teile zerlegt, die nur an wenigen Punkten miteinander verbunden sind, und diese sind durch modernste schnellstauslösende Relais (0,13 s) geschützt. Sieben Lastzonen werden fortlaufend so gestaltet, daß Erzeugung und Verbrauch in ihnen stets im Gleichgewicht sind, so daß beim Zusammenbruch einer solchen Zone die Nachbarn kaum betroffen werden. Auch die Wiederinbetriebnahme einer solchen Lastzone nach einem Zusammenbruch wird als leicht durchführbar angesehen. Auch in Philadelphia hat man dem Eigenbedarf der Kraftwerke allergrößte Sorgfalt gewidmet. Besonders dampfangetriebene Eigenbedarfsgeneratoren oder Verbindungen zu anderen Werken sollen einen Ausfall des Eigenbedarfs im Falle eines Netzzusammenbruches nach Möglichkeit ausschließen. Besonderer Wert wird auf ständige Übung und Schulung des Betriebspersonals gelegt, genaue Schaltanweisungen für einzelne Störungsfälle liegen vor. Als besonderer Erfahrungswert wird angegeben: „Jede spannungslos gewordene Schiene vom Netz abtrennen".

Die Verfasser des Berichtes über die Detroit Edison Company[4]) vertreten die Auffassung, daß selbst bei Anwendung aller denkbarer Vorsichtsmaßnahmen Netzzusammenbrüche niemals ganz vermieden werden können. Man muß also ständig die Möglichkeiten des „Wiederaufbaues" vorsehen. Deshalb soll die Gesamtbelastung durch einfache Maßnahmen in so kleine Werte zerlegt werden können, daß sie mit einem Mal eingeschaltet und von der verfügbaren Erzeugerleistung übernommen werden können. Aus diesen Gründen wird eine Unterteilung des Netzes in Zonen (z. Z. des Berichtes 5) vorgenommen, die untereinander nur durch wenige Verbindungsstellen miteinander verbunden sind (Bild 1). Schwierig ist dabei die Staffelung des Schutzes, da einerseits keine Beeinträchtigung der Stabilität der nicht gestörten Zonen auftreten darf, anderseits genügende Zeit zur Auslösung der übergeordneten Schutzeinrichtungen gegeben sein muß. Bei dem bisher aufgetretenen einzigen Fall einer solchen Störung hat alles zufriedenstellend gearbeitet. Überall da, wo in Kraftwerken oder Abspannwerken Anlagen verschiedener Zonen zusammenstoßen, ist brandsichere Trennung durchgeführt. Die wichtigsten Werke werden von zwei Zonen gleichzeitig versorgt, während andere von Zone zu Zone leicht umgeschaltet werden können. Auch in Detroit erfolgt die Eigenbedarfsversorgung der Kraftwerke durch besondere Turbogeneratoren, um jeden Einfluß von Netzstörungen auszuschließen. Als interessanter Erfahrungswert wurde mitgeteilt, daß beim Wiederzuschalten ausgefallener Netzteile 40 bis 60 % der ursprünglichen Last sofort wieder da sind und der Rest im Verlauf von 5 min hinzukommt.

Es besteht eine straffe Betriebsorganisation, die ihren Ausgang beim Leiter des Verbundbetriebes hat, der für das Betriebspersonal Arbeitsanweisungen herausgibt, die für den Fall gelten, daß die selbsttätigen Auslösungen versagen sollten. Besondere Bedeutung wird den Nachrichtenverbindungen beigemessen; das öffentliche und werkeigene Fernsprechnetz werden gleicherweise herangezogen, außerdem besteht eine Funkverbindung. Besondere Schulungen oder Übungen werden nicht für erforderlich gehalten.

Der Bericht der Consolidated Edison Company[5]) von New York ist ebenso ausführlich wie für jeden Betriebsmann interessant. Zunächst wird festgestellt, daß Netzzusammenbrüche zwar verhältnismäßig sehr selten vorkommen, aber dann immer ein sehr großes Ausmaß mit unübersehbaren Folgen annehmen. In den ländlichen und vorstädtischen Netzteilen treten durch Verwendung einfacher Sternnetze zwar nicht die Schwierigkeiten, aber auch nicht die Vorteile vermaschter innerstädtischer Netzgebilde auf. In New York ist die Vermaschung des Gleichstromnetzes seit 1882 eingeführt und seit 1922 auch die Vermaschung des Wechselstromnetzes in Manhattan. Die allgemeine Erfahrung geht dahin, daß in New York das Netzsystem betriebssicherer ist als die Stromquellen. Die

Bild 2. Kraftwerke und Versorgungsbereich der Consolidated Edison Co., New York.

Consolidated Edison Company versorgt mit geringen Ausnahmen ganz Groß-New York und den Bezirk West-Chester County mit 2,4 Mill Abnehmern bei einer Lastspitze von 1 704 000 kW und etwas über 7¼ Mrd kWh im Jahre 1939. Elf eigene Wärmekraftwerke mit einer installierten Leistung von 2 556 000 kW, von denen 70 % mit 60 Hz, der Rest mit 25 Hz arbeiten, fahren parallel mit dem Netz der Niagara Hudson Corporation und dem Netz der Brooklyn Manhattan Transit Corporation (Bild 2).

Um nach Störungen eine Wiederinbetriebnahme des Wechselstromnetzes zu ermöglichen, ist es in Zonen von 50 bis 150 MW eingeteilt, die also klein zur Leistungsfähigkeit der vorhandenen Kraftwerke sind und in die nicht mehr als je 12 Speiseleitungen führen. Alle diese

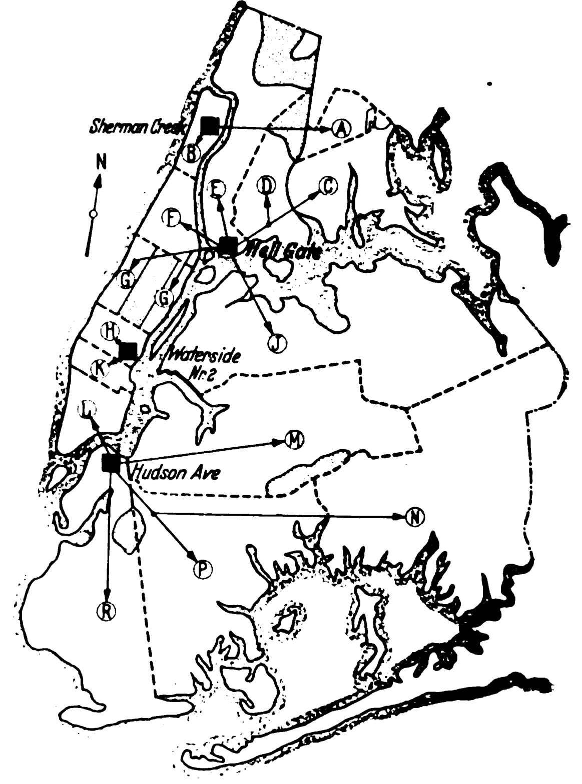


Bild 3. Zoneneinteilung des New-Yorker Drehstromnetzes.

4) S. M. Dean, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 575.
5) G. R. Milne u. H. C. Otten, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 579.

kommen jeweils nur von einem Kraftwerk, das aber durch gas- und brandsichere Trennwände in verschiedene Gruppen unterteilt ist (Bild 3). Es bestehen Einrichtungen zum gleichzeitigen Einlegen aller Schalter je einer Netzzone durch einen einzigen Griff. Hierbei werden etwaige Auslösungen während der ersten „Stromflut“ gesperrt.

Das Gleichstromnetz bildet ein fortlaufendes Maschensystem, das aus 41 Umformwerken mit 2400 Speisekabeln versorgt wird, aber durch Überstromschalter in Zonen zerlegt werden kann, von denen jede einem Umformwerk entspricht. Nach einem Zusammenbruch fährt jedes Umformwerk seine Umformer für sich an und schaltet sie auf eine besondere Gleichstrom-Sammelschiene. Mit Hilfe einer „Notstandsignalanlage“ werden dann gleichzeitig in allen Umformwerken je sechs vorherbestimmte Speisekabel über die erwähnte Hilfssammelschiene auf das Maschennnetz geschaltet. Sofort hinterher werden die restlichen Speisekabel hinzugenommen.

Organisatorisch ist für die Durchführung des Betriebes der Leiter des Verbundbetriebes maßgeblich. Ihm unterstehen mehrere Bezirks-Ingenieure. Diese wieder stützen sich auf die Schaltmeister der Kraftwerke und Unterwerke. Da die Gefahr des gleichzeitigen Ausfalles der Nachrichtenmittel bei Netzstörungen besteht, liegen für die wichtigsten Fälle schriftliche Anweisungen, die oft überprüft werden, in den einzelnen Betriebsstellen vor.

Im Falle eines Zusammenbruches wird zunächst der Eigenbedarf der Kraftwerke bevorzugt in Betrieb genommen. Dann werden alle 60 und 25 Hz-Sammelschienen unter Spannung gesetzt und die Frequenzumformer zwischen dem 60 und 25 Hz-Netz sowie die Kraftwerksverbindungsleitungen eingeschaltet. Danach erfolgt die Einschaltung der vorstädtischen Strahlennetze, die etwa 15 % der Spitze ausmachen. Anschließend wird das 60 Hz-Netz zonenweise in Betrieb genommen, wobei vorübergehend die Überstromrelais der Verbindungsleitungen zwischen den Kraftwerken unwirksam gemacht werden und vor dem gleichzeitigen Einschalten aller Speisekabel einer Netzzone die Spannung um 5 % über normal gesteigert wird. Schließlich wird das Gleichstromnetz in Manhattan, das allein 28 % der Spitze ausmacht, nach dem bereits geschilderten Verfahren unter Spannung gesetzt.

Dieses Störungsprogramm hat sich bisher schon zweimal bewährt: Hauptsächlich als am 21. September 1938 eine durch einen Orkan hervorgerufene Flutwelle das Kraftwerk Hellgate stillegte. Die Kuppelkabel zu den Nachbarwerken lösten durch Überlastung aus, die angeschlossenen Netzzonen wurden spannungslos, und es trat ein Gesamtausfall von 360 MW auf. Bei der schrittweisen Wiederaufnahme der Versorgung, die durch Aushilfelieferungen von den anderen New-Yorker bzw. Fernstromwerken im Verlauf von 5¾ Stunden durchgeführt wurde, war die größte gleichzeitig übernommene Belastungsgruppe 90 MW, die keine Schwierigkeiten bereitete. Auch Netzsicherungen brannten dank dem gleichzeitigen Einschalten der Speisekabel einer Zone nicht durch.

Am Schluß des Berichtes werden noch interessante Einzelheiten über die Höhe der nach Störungen wiederkehrenden Belastung und die Verteilung plötzlich zugeschalteter Belastungen auf parallel arbeitende Kraftwerke angegeben. W. Fleischer VDE

Drahtloses Telephonieren mit fahrenden Kraftwagen

DK 621.396.5.029.6 : 629.113.5

Es wird eine vollständige Sende- und Empfangsanlage beschrieben, die für die verschiedenen öffentlichen Dienste (Polizei, Feuerwehr usw.) gedacht ist und ein drahtloses Telephonieren mit bzw. aus fahrenden Kraftwagen gestattet[1]). Im Gegensatz zu anderen beweglichen Geräten (auf Flugzeugen, Schiffen u. dgl.) werden bei Geräten für fahrende Kraftwagen völlig andere und z. T. größere Anforderungen gestellt. Dies gilt z. B. für die Ausnutzung des verfügbaren Raumes sowohl als auch für die Unterbringung der Antenne und schließlich hinsichtlich des Energiebedarfes und des in Städten recht großen Störpegels. Da einerseits nur kleine Antennen in Betracht kommen, die zudem einen hohen Wirkungsgrad haben sollen, und anderseits der Störpegel erst etwa oberhalb $60 \cdot 10^6$ Hz merklich geringer wird, kommen für den Betrieb nur Wellenlängen unterhalb 10 m in Betracht. Da bei diesen Wellenlängen räumlich größere Objekte bereits merkliche „Schattenwirkung" ergeben, erweist sich eine „optische Sicht" zwischen der Antenne der Zentrale und denen der Kraftwagen als angebracht, eine Bedingung, der durch entsprechende Höhe der zentralen Antenne befriedigend genügt werden kann.

Der mit einer rückgekoppelten Triode ausgerüstete Sender weist als Schwingungskreis eine Sonderkonstruktion auf, die gleichzeitig Induktivität und Kapazität zu einer Einheit zusammenfaßt und sich durch geringste Verluste auszeichnet. Die Frequenz dieses Kreises läßt sich zwischen 75 und $67 \cdot 10^6$ Hz verändern, üblicherweise ist nur eine einmalige Einstellung notwendig. Die durch die Röhre usw. bedingte Frequenzänderung konnte hinreichend klein gehalten werden, wobei die relativ große Bandbreite des Empfängers von Vorteil war. Der Gitterkreis der Modulatorröhre (eine NF-Penthode) wird wie üblich vom Mikrophon beeinflußt. Diese Röhre dient gleichzeitig der Erzeugung des Rufsignales (1 kHz). Die Einschaltung des Signales erfolgt mittels eines Morsetasters, der also auch der Übermittlung telegraphischer Zeichen dienen kann. Die Antennenspule enthält zur Kontrolle des Antennenstromes ein abschaltbares Thermokreuz-Instrument.

Für den Empfänger wurde im Interesse einer ausreichenden Empfindlichkeit bei kleiner Röhrenzahl und weitgehend selbsttätiger Lautstärkeregelung eine Pendelrückkopplungsschaltung benutzt. Insgesamt weist der Empfänger drei Stufen auf und gibt an den nur für den Anruf vorgesehenen Lautsprecher etwa 2 W ab. Für das Gespräch selbst wird der übliche Mikrohörer benutzt.

Die gesamte Leistung der Anlage, etwa 60 W, wird über zwei parallel arbeitende Zerhacker dem Akkumulator entnommen, wobei in bekannter Weise für ausreichende Entstörung gesorgt wurde. Ein federnd angebrachter Stab von etwa 1 m Länge ist die Antenne, während der Wagen selbst als Gegenkapazität dient.

Für die Zentrale wurde grundsätzlich die gleiche Anlage verwendet, jedoch mit dem Unterschied, daß einmal die Speisung naturgemäß aus dem Wechselstromlichtnetz erfolgt und zweitens die aus mehreren Stäben bestehende Antenne in etwa 45 m Höhe über der Erde so angebracht wurde, daß sich eine Energiebündelung in der horizontalen Ebene ergibt. Bei den Versuchen war noch in Entfernungen von 10 bis 20 km von der Zentrale eine gute Verständigung erreichbar, während die größte Entfernung, über die Nachrichten gerade noch übertragen werden konnten, 45 km betrug. *Nwg.*

[1]) C. G. A. von Lindern Philips techn. Rdsch. 5 (1940) S. 323; 6 S., 8 B.

Elektrostatischer Generator mit konzentrischen Elektroden

DK 621.319.5

Die Entwicklung des elektrostatischen Generators[1]) führte bisher immer nur zum Einelektrodengenerator[2]). Erst der neue hier beschriebene Generator brachte eine grundlegende Neuerung, nämlich durch Anordnung von drei konzentrischen Elektroden den Potentialgradienten und die kapazitive Wirkung der Hochspannungselektrode gegenüber den Wänden abzustufen und somit bessere Raumausnutzung zu erzielen.

Dieser Generator (Bild 1) besteht aus einem gasdichten Stahlkessel von rd. 6 m Länge und 1,5 m Breite. Darin befinden sich folgende Hauptbauteile:

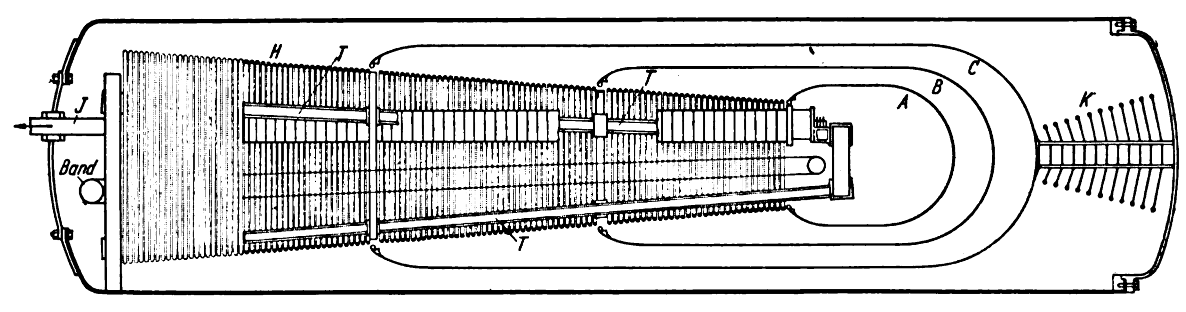
1. 3 Elektroden *A*, *B*, *C* aus 0,32 cm dicken Aluminiumblechen.
2. Die Träger *T* aus Textolit-Röhren, die einen äußeren Durchmesser von 9,43 cm und eine Wanddicke von 0,95 cm Dicke besitzen.
3. Ionenstrahlröhre *I*, deren 62 Porzellanisolatoren aus 6,35 cm langen, innen und außen gewellten Porzellanringen bestehen. Die Ionenquelle ist für einige µA-Protonen- bzw. Deuteronenstrom bemessen.
4. Das Band zur Förderung der aufgesprühten Elektrizität besteht aus Baumwolle, ist endlos gewebt und 40,64 cm breit.
5. Die Potentialsteuerung *H* besteht aus Aluminiumringen, die mit sattelförmigen Bolzen befestigt sind. Hierdurch wird mittels im Betrieb verstellbarer Korona-Funkenstrecken entlang den Textolitröhren eine gleichmäßige Potentialverteilung erreicht und hierdurch wiederum werden die Potentiale der Elektroden *B* und *C* relativ zum Potential von *A* gesteuert und praktisch konstant gehalten.
6. Der Isolator *K* trägt die Elektrode *C* und besteht aus einer Textolitröhre, die mit Metallscheidewänden und mit einem Korona-Funkenstreckensystem zwecks Potential-Verteilung ausgerüstet ist.

heit, geringe Aufstellungs- und Betriebskosten und einfache Wartung werden allerdings durch einige Nachteile etwas eingeschränkt. Wird dieser Generator bei Außerbetriebssetzung kurzzeitig feuchtem Wetter ausgesetzt, dann ist trotz eifriger Trocknungsversuche die frühere hohe Spannung erst nach längerer Zeit zu erreichen. Die sonst stets angebrachte Spannungsregelung mittels Glimmentladungsstrom, der über eine dem Konduktor gegenüber gestellte Spitze fließt und von einem Verstärker verstärkt wird, um zur Steuerung des Bandaufsprühgerätes geeignet zu sein, fehlt hier gänzlich. Ferner weist die Elektrode *A*, die die höchste Spannung trägt, den geringsten Krümmungsradius auf, was hochspannungstechnisch recht ungünstig ist. Außerdem ist das Gasgemisch aus Preßluft und Freon nicht das beste.

Anmerkung des Berichters: Eine Verbesserung und Neuentwicklung dieses Generators als ein Zukunftsprojekt erfordert folgendes:

1. Die Elektrode mit der höchsten Spannung müßte den größten Krümmungsradius besitzen, d. h. die Reihenfolge der Elektroden wäre zu vertauschen, wodurch der Hinweis zur Neuentwicklung gegeben ist.
2. Eine selbsttätige Spannungsregelung müßte eingebaut werden.
3. Die Spannung müßte auf 10 MV erhöht werden, was durch das Gas Difluordichlormetan CCl_2F_2 (bei 6 at und 23° C besitzt es eine Durchschlagfestigkeit von etwa 500 kV/cm!) und isolierten Elektroden möglich wird.
4. Die Spannung von 10 MV wäre durch Einbau von mindestens 5 Elektroden und Neukonstruktion der Bänder nebst höherer Stromstärke (bis zu 1 mA je Entladungsröhre) im Dauerbetrieb erreichbar.

Zur Kenntnis über die Kosten eines Hochdruck-3,5 MeV-Generators diene folgende, nach verschiedenen ausgeführten Anlagen berechnete Zusammenstellung: Kugeldurchmesser 5,49 m, Luftdruck 3,52 at, Energie 3,5 MeV, Aufstellungskosten 249 000 RM, Belegschaft 3 Mann, Betriebskosten im Jahr 66 670 RM, Deuteronenstrahl 15 µA, Betriebskosten µAh RM 183,33, Neutronenintensität in Äquivalent *gRa* 100 Be/µA.



A, *B*, *C* Elektroden aus 0,32 cm dickem Aluminiumblech
H Potentialsteuerung aus Aluminiumringen
I Ionenstrahlröhre
K Isolator, die Elektrode *C* tragend
T Träger aus Textolitröhren
Band aus Baumwolle

Bild 1. Bandgenerator.

Der Generator liefert bei Betrieb in Preßluft von 7 at und 27,2° C bei einem Zusatz von Freon-Gas ($CFCl_3$ = Freon 11, CF_3Cl = Freon 13) von 5,9 kg eine maximale, stationäre Betriebsspannung der beträchtlichen Höhe von 4,5 MV. Diese Spannung reicht für Untersuchungen von gewöhnlichen Resonanzstufen von Kernreaktionen leicht aus. Die Spannung des Generators wird erstens grob mit einem Rotationsvoltmeter, das sich der Elektrode *C* gegenüber befindet, bestimmt, und zweitens genauer durch visuelle Ausmessung der Länge des in die Luft austretenden Ionenstrahls (Protonstrahllänge außerhalb des *Al*-Fensters beträgt 29 cm), wobei das Aluminiumfenster ein Luftäquivalent von 12 mm besitzt. Mittels der im Jahre 1937 von H. A. Bethe und Livingstone angegebenen Reichweitenkurve wird der genaue Wert der Energie des Ionenstrahls und hieraus die Generatorspannung ermittelt. — Die Spannung wird durch das Überspringen der Funken am Isolator *K* begrenzt.

Die großen Vorteile dieses Generators, wie ausgezeichnete Raumausnutzung, sehr hohe Spannung, große Betriebssicherheit ...

Die Wirtschaftlichkeit des Generators ist, mit jener des neuen 100 MeV-Deuteronen-Zyklotrons in Berkely verglichen, sehr gut, da der energetische Wirkungsgrad etwa 50% beträgt. Vor allem muß betont werden, daß der elektrostatische Generator, besonders der der neuen Bauart (Bild 1), sich auch sehr gut zur Beschleunigung von Elektronen und somit zur Erzeugung von Röntgenstrahlen eignet. Van de Graaff selbst hat viele derartige für Kliniken geeignete Geräte kleineren oder größeren Formats gebaut, die sich alle sehr gut bewährt haben. Allerdings ist zu bemerken, daß wegen der hohen Stromstärke des Kaskadengenerators dieser dem elektrostatischen Generator diesbezüglich überlegen ist.

Die rasche, ja geradezu stürmische Entwicklung der modernen technischen Kernphysik läßt die Forderung gerechtfertigt erscheinen, daß die Entwicklung des wirtschaftlichsten Gerätes, des elektrostatischen Generators, weiter gefördert werden muß.

H. Watzlawek

[1]) R. G. Herb, C. M. Turner, C. M. Hudson und R. E. Warren, Phys. Rev. 58 (1940) S. 579.
[2]) ETZ 61 (1940) S. 680, dort weiteres Schrifttum.

RUNDSCHAU

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.398

Fernübertragung von Meßwerten mit Widerstandsgeber und Kreuzspulgerät. [Nach J. Lorenz, Arch. techn. Messen (1940) Lfg. 112 u. 113, V 3821—4 und 3821—5, 8 S., 8 B.]

Zunächst werden rechnerisch und an Kurvenscharen die Eigenschaften einer neuen Fernübertragungsschaltung dargelegt. Diese weicht von der bekannten Schaltung dadurch ab, daß zu dem Gesamtwiderstand Rp des Widerstandsgebers ein Widerstand Rm parallel geschaltet wird (Bild 1). Hierdurch ergeben sich bei zweckentsprechender Bemessung der einzelnen Widerstände mehrere Vorteile. Es besteht die Möglichkeit, durch alleinige Änderung des Parallelwiderstandes Rm mit ein und demselben Widerstandsgeber verschiedene Bewegungen darzustellen. Dadurch bereitet das Austauschen des Kreuzspulgerätes, auch wenn das Ersatzinstrument bereits geeicht ist, keine Schwierigkeiten. Die neue Schaltung hat einen geringeren Leistungsverbrauch und benötigt einerseits bei gleichen Gesamtwiderständen eine geringere Spannung e, anderseits kann bei gleicher Spannung ein höherohmiger Widerstandsgeber verwendet werden, der eine feinere Stufung mit sich bringt. Temperatur- und Leitungslängenfehler können durch Vergrößerung des Widerstandes R auf ein zulässiges Maß gebracht werden. Außerdem werden dann die Beziehungen zwischen der Schaltung und der Ausführung des Kreuzspulgerätes behandelt, die miteinander in engem Zusammenhang stehen. Insbesondere kann durch das Verhältnis Rm/Rp das Einstellmoment in Abhängigkeit vom Ausschlag beeinflußt werden. Dies führt zu robusten Anzeigegeräten bei nahezu gleichbleibendem Einstellmoment. *Srg.*

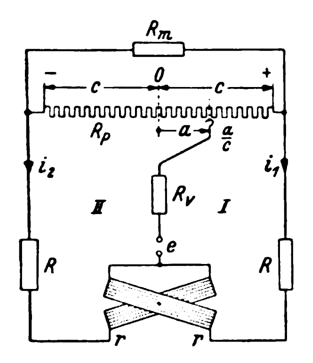


Bild 1. Fernübertragungsschaltung mit Widerstandsgeber und Kreuzspulgerät.

DK 621.319.53.(45)

Ein italienisches Laboratorium für Stoßprüfungen bis 3 Mill V. [Nach E. Ortensi und G. Gatto, Energia elettr. 17 (1940) S. 582, 659 und 744; 40 S., 69 B.]

Die umfangreiche Arbeit gibt einen zusammenfassenden Überblick über das ganze Gebiet der Stoßprüfung und die in einem italienischen Hochspannungslaboratorium erzielten Ergebnisse. Nach einer allgemeinen Würdigung der zur Gewitterforschung in letzter Zeit entwickelten Hilfsmittel, insbesondere des Kathodenstrahloszillographen, und einer Zusammenfassung der wichtigsten sich daraus ergebenden Schlußfolgerungen werden die gebräuchlichen Schaltungen zum Erzeugen von Stoßspannungen erwähnt. Anschließend wird von E. Ortensi und G. Gatto im einzelnen eine in Italien kürzlich errichtete Stoßanlage der Società Magrini in Bergamo beschrieben[1]). Die Hauptkennzeichen dieser Anlage sind folgende: höchste Stoßspannung 3000 kV, wirksame Kapazität 0,0166 µF, Gesamtzahl der Kondensatoren vorläufig 30, später 60, Energieinhalt 75 000 Joule (Ws), höchste Ladespannung eines Ölkondensators 110 kV bei 0,25 µF. Die Stoßanlage ist in Treppenform nach der Marxschen Schaltung gebaut. Durch entsprechendes Umschalten können folgende Stoßströme erreicht werden: schätzungsweise 140 000 A Stoßstrom bei 100 000 V Entladespannung und einer gesamten wirksamen Kapazität von 15 µF. Die Gleichrichtung geschieht mit 2 Glühkathodenröhren, die für 55 kV von einem Transformator mit 250 V Primär- und 110 kV Sekundärspannung zwischen den Außenklemmen gespeist werden. Als Spannungsteiler für den Kathodenstrahloszillographen dient ein Widerstandsteiler, für die Aufnahme steiler Spannungsstöße ein kapazitiver Spannungsteiler; zur Spannungsmessung wird eine Kugelfunkenstrecke mit Kugeln von 100 cm Durchmesser benutzt, die durch Zuschalten eines Widerstandes auch für die Messung betriebsfrequenter Spannungen verwendet werden kann. Außerdem steht eine Stabfunkenstrecke zur Verfügung, die an keinen Spannungsbereich gebunden ist und für die Prüfung von normalen Isolatoren bekanntlich[1]) im allgemeinen auch keine Feuchtigkeitskorrektur erfordert. Der Kathodenstrahloszillograph hat eine höchste Kathodenspannung von 60 kV, einen Emissionsstrom von 0,5 mA; die Schreibgeschwindigkeit beträgt 2500 km/s, die Empfindlichkeit 300 V/cm bei 50 kV. Für Versuche mit verhältnismäßig niedrigen Spannungen steht ein kleinerer Stoßgenerator von 500 kV zur Verfügung. Weitere Ausführungen der Verfasser beziehen sich auf die Genauigkeit der Eichung des Kathodenstrahloszillographen für positive und negative Polarität und die Wiedergabe verschiedener Aufnahmen von Stoßwellen, besonders der von der IEC genormten Wellen. Als Beispiel für die Anwendung der Stoßanlage werden verschiedene Stoßkennlinien von Isolatoren mit und ohne Schutzarmaturen sowie von Stützisolatoren gezeigt und durch Oszillogramme und photographische Aufnahmen von zehngliedrigen Kettenüberschlägen belegt. Aus den verschiedenen als Beispiel gebrachten Anwendungen seien die Durchschlagversuche an einzelnen Hänge-Isolatoren unter Öl hervorgehoben, wobei die Spannung für je 3 Stöße jeweils um 5% bis zum Durchschlag gesteigert wurde. Im Gegensatz zu betriebsfrequenten Prüfungen ergab sich bei diesen Stoßversuchen kein Einfluß der Ölbeschaffenheit auf die Höhe der Durchschlagspannung, wobei der Durchschlag stets im Kopf des Isolators stattfand und die Beanspruchungsdauer zwischen 2 und 8 µs lag. Weitere Anwendungen der Anlage für die Stoßprüfung von Meßwandlern, Überspannungsableitern u. a. werden durch zahlreiche Aufnahmen veranschaulicht. Besonders eingehend werden die verschiedenen Arten von Überspannungsableitern und ihre Arbeitsweise behandelt und durch kennzeichnende Oszillogramme erläutert. Für die kombinierte Prüfung der Ableiter bei Betriebsfrequenz und gleichzeitiger Stoßbeanspruchung werden Schalthinweise gegeben und die Versuchsergebnisse durch verschiedene Beispiele oszillographisch belegt. Auf den Einfluß des Erdungswiderstandes auf diz Schutzwirkung wird besonders eingegangen. Auch der Schutz von umlaufenden Maschinen durch Ableiter wird behandelt.

Der letzte Teil des Aufsatzes ist dem Abstufungsproblem der Isolation gewidmet, wobei von den Stoßkennlinien für die verschiedenen Anordnungen, wie für Kugel- und Stabfunkenstrecken, sowie für die Isolatoren verschiedener Bauart und Anwendungsweise ausgegangen wird. Auch das Verhalten von Überspannungsableitern unterschiedlicher Bauweise wird in diesem Zusammenhang nochmals behandelt, und dann die Höhe des Sicherheitsgrades für die verschiedenen Betriebsspannungen graphisch und in Zahlentafeln dargestellt. Insbesondere werden für 120 kV Betriebsspannung die Stoßkennlinien für alle Teile einer Anlage übersichtlich gegenübergestellt. Abschließend betonen die Verfasser, daß auch in Italien auf dem Gebiete der Stoßspannungsforschung bemerkenswerte Erfolge erzielt worden sind, wozu das beschriebene Versuchsfeld seinerseits beitragen soll. *W. W.*

Geräte und Stromrichter

DK 621.316.54.064.25

Berechnung des Lichtbogengegendruckes bei Ölstrahlschaltern. [Nach S. W. Steinberg, Elektritschestwo 60 (1940) Nr. 12, S. 23; 4½ S., 7 B.]

Hochleistungsschalter mit einer fremd erzeugten Ölströmung zur Lichtbogenlöschung wurden in den V. S. Amerika und in England bereits mehrfach gebaut[2]). Bei diesen Schaltern wird durch einen mit fremder Kraft bewegten Kolben eine Ölströmung erzeugt, die quer oder längs durch den Lichtbogen verläuft, die gebildeten Gase mit sich führt und im Stromnulldurchgang die Lichtbogenlöschung herbeiführt. Da dieses Verfahren besonders für höhere Spannungen, 100 kV und darüber, angewandt wird, pflegt man mehrere Unterbrechungs-

[1]) S. a. die Beschreibung einer Stoßanlage für 10 MV. ETZ 62 (1941) H. 5, S. 93.

[1]) Vgl. ETZ 58 (1937) S. 513.
[2]) Vgl. ETZ 19 (1940) S. 427.

stellen elektrisch in Reihe zu schalten, die aber von parallel laufenden Ölstrahlen bespült werden. Für die Erzeugung der Ölströmung sind recht erhebliche Energien erforderlich, die in der Größe von über 1 mt liegen. Durch den Lichtbogen wird in den Ölströmungswegen ein Gegendruck erzeugt, der außerdem von dem Antriebskolben überwunden werden muß. Daher ist es wichtig, diesen Gegendruck nicht nur experimentell, sondern auch rechnerisch zu ermitteln.

Der Verfasser betrachtet während der Abschaltung zwei Perioden. Während der ersten tritt durch die Schlitze hinter den Unterbrechungsstellen noch reines Öl aus; die sekundliche Ölmenge ist jedoch dadurch vergrößert, daß der Lichtbogen vor den Schlitzen Gase bildet und dieses Gas ein entsprechendes Ölvolumen verdrängt. Dadurch erhöht sich der Öldruck in der Kammer beträchtlich. Nach einem Übergangszustand stellt sich die zweite Periode ein, in der die Schlitze sowohl von Öl als auch von Gas durchflossen werden. Man kann sich vorstellen, daß der Strömungsquerschnitt für das Öl durch das austretende Gas verringert wird. Diese Periode ist gekennzeichnet durch ein starkes Absinken des Druckes; sie nimmt den größeren Teil des Abschaltvorganges, etwa eine Halbwelle ein, während die erste Periode nur 1 bis 2 ms lang dauert.

Zur Berechnung des Lichtbogengegendruckes, nach dem die Antriebsarbeit bemessen werden soll, ist die erste Periode die wichtigste, da während dieser Zeit der Antriebskolben nicht zum Stillstand kommen darf. Zur Berechnung wird dieser Druck in ein Verhältnis gesetzt zu dem Öldruck, der ohne Lichtbogen vorhanden wäre. Das Verhältnis dieser Drücke wird gleich dem Quadrat des Verhältnisses der jeweiligen Ölmengen gesetzt, die aus den Schlitzen ausströmen. Die ausströmende Ölmenge läßt sich in Beziehung setzen zu der vom Lichtbogen entwickelten Gasmenge, die aus der Lichtbogenleistung und der spezifischen Gasmenge $\Omega_0 = 0{,}4$ l/kWs errechnet wird. Durch diese Größen und die räumlichen Abmessungen der Ölkanäle ist also die Druckerhöhung während der ersten Periode bestimmt durch die Gleichung

$$p_a - p_0 = (p_v - p_0)\left(1 + \frac{\Omega}{p_v\, i_v}\right).$$

Hierin bedeutet p_v den Druck, der im Ölkanal besteht, bevor der Lichtbogen da ist, Ω die vom Lichtbogen erzeugte Gasmenge und i_v die Ölmenge, die vor dem Entstehen des Lichtbogens in der Zeiteinheit ausströmt.

Die zweite Periode ist im Oszillogramm durch ein plötzliches Absinken des Öldruckes erkenntlich. Dadurch, daß die Gasblase eine direkte Verbindung mit dem Außendruck bekommt, kann infolge der großen Gasgeschwindigkeit ein schnelles Entlasten der Ölkammer eintreten. Während dieser Periode wird die Menge des ausfließenden Öles gleich der Menge des vom Ölkolben geförderten Öles gesetzt. Weiterhin wird das Gasvolumen, das aus der Gasblase ausströmt, mit dem Gasvolumen verglichen, das vom Lichtbogen neu erzeugt wird. Daraus ergibt sich ein Ausströmungsfaktor Q_0, der experimentell ermittelt wurde und in gewissen Grenzen schwankt. Im Mittel kann für diesen Faktor unabhängig von der Stromstärke, der Spannung und der Lichtbogenleistung, vom Druck und der Art der Schlitze der Wert 20 $\frac{l}{s\ \text{cm}^2\ \text{at}}$ gesetzt werden. Somit ergibt sich der Druck in der zweiten Periode zu

$$p_a - p_0 = \frac{p_v - p_0}{1 - \frac{\Omega}{Q_0 f p_v}}.$$

Hierzu bedeutet f den Querschnitt der Schlitze.

An einem Zahlenbeispiel wird unter Annahme eines Druckes von $p_v = 2{,}2$ at, eines Stromes von 6500 A bei einem Spannungsanstieg von 1600 V/µs und zwei Unterbrechungsstellen in Reihe der Druck p_a zu 26,1 at ermittelt. Die Drucksteigerung gegenüber dem Druck ohne Lichtbogen ist also das 12fache. Für diesen Druck muß der Antrieb des Schalters bemessen werden. Einige Oszillogramme, die an einem Versuchsmodell aufgenommen wurden, veranschaulichen den geschilderten Druckverlauf. *W. Kn.–T. S.*

Verkehrstechnik

DK 621.33.003.13(43)

Geschäftsbericht der Deutschen Reichsbahn für 1940[1]).

Die Gesamterträge der Betriebsrechnung 1940 (die Ziffern in Klammern gelten für 1939) lagen für das Gesamtreich mit 7602,6 Mill RM (5812,9 Mill RM) um 1789,7 Mill RM oder 30,8% höher als im Vorjahr. Die hohen Steigerungssätze haben ihren Grund nicht nur in dem Mehrverkehr, sondern auch in der sich für 1940 erstmals für das ganze Jahr auswirkenden Eingliederung der Ostgebiete, in der Vergrößerung des Reichsbahnnetzes im Jahre 1940 durch die Rückkehr von Eupen, Malmedy und Moresnet, durch die Verstaatlichung einer Reihe von Privatbahnen sowie durch Übernahme des Betriebes der Eisenbahnen im Elsaß, in Lothringen und in Luxemburg. An Beförderungssteuer und unmittelbarer Abgabe wurden der allgemeinen Reichskasse 619,5 Mill RM (534,7 Mill RM), das sind 84,8 Mill RM mehr als im Vorjahr, zugeführt. Der Überschuß der Betriebsrechnung machte 352,7 Mill RM (347,6 Mill RM) aus. Die Betriebszahl, d. h. das Verhältnis der Betriebsaufwendungen zu den Betriebserträgen, stellte sich auf 93,78% (91,96%). Beim Berechnen der Betriebszahl ist wie in den vergangenen Jahren der seit 1937 in der Betriebsrechnung verrechnete Teilbetrag der Abgabe an die allgemeine Reichskasse in Höhe von 120 Mill RM aus Gründen der Vergleichbarkeit außer Betracht gelassen. Der deutschen Wirtschaft sind im Jahre 1940 für Beschaffungen, Lieferungen und sonstige Arbeitsaufträge insgesamt unmittelbar rd. 2,6 Mrd RM zugeflossen. Mit dem bereits erwähnten Betriebsüberschuß von 352,7 Mill RM sowie 26,3 Mill RM Vortrag aus 1939 und der außerordentlichen Erträge in Höhe von 78,7 Mill RM schloß die Gewinn- und Verlustrechnung mit einem Haben von 457,7 Mill RM ab, woraus nach Decken der obliegenden Verbindlichkeiten der Rest von 0,78 Mill RM auf neue Rechnung vorgetragen werden konnte.

Die Anlieferung von Fahrzeugen, Lokomotiven, Triebwagen, Personen- und Güterwagen, zeigte auch im Jahre 1940 trotz der bekannten Erschwernisse eine erfreuliche Aufwärtsbewegung. Für 1941 erhielten die Fahrzeugbauanstalten entsprechend ihrer Leistungsfähigkeit und der verfügbaren Stahlmenge wiederum größere Aufträge im Rahmen des Vierjahresplanes Der Abschluß wurde nach den Bestimmungen des Reichsbahngesetzes vom 4. 7. 1939 aufgestellt. Die Vorschriften des Handelsrechtes gelten nach § 11, Abs. 2 dieses Gesetzes für das Aufstellen des Jahresabschlusses der Reichsbahn nicht. Der Gesamtabschluß 1940 umfaßt einmal die wirtschaftlichen Ergebnisse des Sondervermögens der Deutschen Reichsbahn nach dem Stande vom 31. 12. 1939; weiter sind die Wirtschaftsergebnisse der im Jahre 1940 übernommenen Privatbahnen einbezogen, zu denen vor allem die durch Reichsgesetz vom 2. 8. 1940 in das Eigentum des Reiches überführten Lokalbahnen im Sudetengau gehören, sowie das Ergebnis der Bahnen in den mit dem Reich wiedervereinigten Gebieten Eupen, Malmedy und Moresnet. Schließlich umfaßt die Betriebsrechnung der Reichsbahn 1940 auch die Erträge und Aufwendungen der von der Reichsbahn seit Mitte 1940 betriebenen und verwalteten Eisenbahnen im Elsaß, in Lothringen und in Luxemburg, dagegen sind die Anlage- und sonstigen Vermögenswerte dieser Bahnen in der Reichsbahnrechnung nicht enthalten. Infolge dieser Veränderungen und der Kriegsverhältnisse sind die Wirtschaftsergebnisse des Geschäftsjahres 1940 mit denen der Vorjahre weder insgesamt noch im einzelnen vergleichbar. *Ksn.*

[1]) Für 1939 s. ETZ 61 (1940) S. 721.

DK 625.62

Erhöhte Reisegeschwindigkeit bei der Berliner Straßenbahn. [Nach E. Klingbeil, Verkehrstechnik 22 (1941) S. 135; 1½ S., 3 B.]

Bei Kriegsbeginn brachte der eingeschränkte Omnibusverkehr in der Reichshauptstadt eine stärkere Belastung der Straßenbahn, deren Anteil am öffentlichen Verkehr seit April 1940 auf über 60 % anstieg. Um die Mehrbeanspruchung der Straßenbahn ohne vergrößerten Wagenpark und bei noch teilweise verminderter Gefolgschaftszahl ausführen zu können, entschloß sich die Berliner Verkehrsgesellschaft zu einer verkürzten Fahrzeit, um den Verkehr durch schnelleren Wagenumlauf leichter bewältigen zu können. Vor dem Kriege waren bei der Straßenbahn zwei Reisegeschwindigkeiten gültig; werktags ab 20⁰⁰ und an Sonntagen wurde schneller gefahren als sonst, was sich bewährte. Infolge der Verdunkelung wurde aber die abendliche Fahrzeitverkürzung im ersten Kriegswinter aufgehoben, konnte jedoch im Sommer 1940 wegen des gedrosselten Kraftwagenverkehrs während der Tageshelligkeit bis 20⁰⁰ wieder eingeführt werden; hierdurch wurde die Reisegeschwindigkeit von 15,65 auf 17,21 km/h gesteigert. Im Winter 1940/41 wurde erstmalig erfolgreich versucht, die Reisegeschwindigkeit während des ganzen Tages zu erhöhen und die Geschwindigkeit noch weiter zu steigern, wofür die Anzahl der Haltestellen um etwa 8 % verringert wurde. Hierbei wurde der durchschnittliche Haltestellen-

abstand in Berlin von 341 auf 375 m erweitert. Diese Maßnahme brachte je fortgefallene Haltestelle einen Zeitgewinn durch Wegfallen des Abbremsens und Anfahrens von 23 s, wohinzu noch 7 s Zeitersparnis durch den fortgefallenen Fahrgastwechsel kamen. Durch Fortnahme einzelner Haltestellen stieg die Reisegeschwindigkeit um weitere 0,6 km/h. Beim Aufstellen der neuen Fahrpläne der 76 Straßenbahnlinien wurden diese Ergebnisse berücksichtigt. Schwierigkeiten entstanden nur bei den Ringlinien, die keine Endpunkte besitzen; daher fahren noch einige Ringlinien mit 15 km/h, dagegen einige Durchmesserlinien mit 20 km/h Reisegeschwindigkeit. Auf einzelnen Streckenabschnitten beträgt die maximale Reisegeschwindigkeit 26 km/h, wobei die bisher zugelassenen Höchstgeschwindigkeiten um je 5 km/h erhöht wurden. Die neuen Fahrpläne sind seit 3. 3. 1941 gültig und ergeben eine von 15,650 auf durchschnittlich 17,81 km/h erhöhte Reisegeschwindigkeit der Straßenbahnlinien ohne Schwierigkeiten. Der schnellere Wagenumlauf hat sich bisher bewährt und bringt erhebliche Ersparnisse an Dienststunden und erforderlichen Trieb- und Beiwagen. *an.*

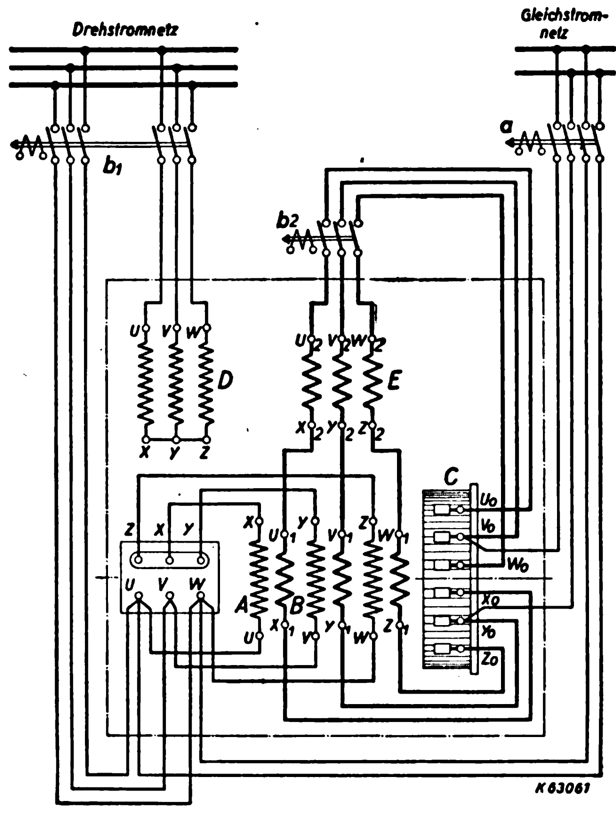
Elektrische Antriebe

DK 621.34 : 621.313.3 : 681.62

Antrieb einer Mehrfarben-Tiefdruckmaschine mit Drehstrom-Nebenschluß-Kommutatormotoren für einen Regelbereich von 1 : 30. [Nach O. Berg, AEG-Mitt. (1940) S. 285; 5 S., 7 B.]

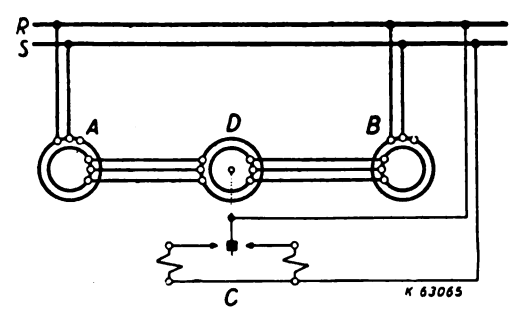
Für Industrie-Antriebe hat sich der Drehstrom-Nebenschluß-Kommutatormotor in zunehmendem Maße ein großes Arbeitsfeld erobert. Neben den besseren elektrischen Eigenschaften gegenüber anderen Drehstrommotoren ist besonders seine gute Regelfähigkeit für seine Einführung ausschlaggebend gewesen. Auch in der graphischen Industrie ist der Drehstrom-Nebenschluß-Kommutatormotor ein Antriebsmittel geworden, das gerade bei Tiefdruck-Rotationsmaschinen wesentliche Vorteile bietet. Diese Maschinen verwendet man besonders zum Herstellen mehrfarbiger Zeitschriften. Hierbei werden die Farben nacheinander in sogenannten Druckwerken übereinander gedruckt. Änderungen der Zugspannung in der Papierbahn bringen ein Verschieben in der Lage der Bilder mit sich; dann ist keine Deckung der Bildumrisse mehr vorhanden und das Bild wird unscharf. Derartige Zugspannungsänderungen werden vor allen Dingen durch die Beschleunigungen der Maschine verursacht. Ein stetiger, stufenloser Drehzahlanstieg verhindert das Auftreten solcher Erscheinungen. Der Regelbereich des Motors muß mit Rücksicht auf die Einstellung der Maschine und die Verschiedenheit der Erzeugnisse etwa 1 : 6 betragen. Für Hilfsgeschwindigkeit zum Einrichten der Maschine und Einziehen der Papierbahn ist außerdem eine Motordrehzahl von $^1/_{30}$ bis $^1/_{50}$ der maximalen erforderlich. Diese Hilfsdrehzahlen wurden bisher durch Hilfsmotoren kleinerer Leistung mit entsprechenden Getrieben erzielt. In letzter Zeit sind Antriebe bekanntgeworden, bei denen unter Anwendung eines Frequenzwandlers die Antriebsmotoren unmittelbar mit Hilfsdrehzahl betrieben werden.

Für ständergespeiste Drehstrom-Nebenschluß-Kommutatormotoren wird eine neue einfache Ausführung angegeben. Der elektrische Aufbau dieser Motoren ermöglicht bei Gleichstromspeisung den Aufbau eines Magnetfeldes senkrecht zum Ankerfeld. Durch die Bemessung der Spannungen lassen sich ohne Schwierigkeiten stabile Drehzahlen von 30 bis 50 U/min erreichen. Bei Druckmaschinen kann das Drehmoment während der einzelnen Betriebszustände als konstant angenommen werden. Infolgedessen konnte man auf umlaufende Umformer verzichten und Trockengleichrichter verwenden. Entsprechend den geringen Leistungen bei kleinen Drehzahlen ergeben sich kleine Geräte, die den Einbau in die Schaltanlage ermöglichen. Neben erhöhter Betriebssicherheit durch ruhende Umformer erfordert diese Anordnung wenig Platz. Da die Raumersparnis in Druckereien eine große Rolle spielt, ist ein geringer Platzbedarf der Anlage stets anstrebenswert. Bild 2 zeigt die grundsätzliche Schaltung eines ständergespeisten Motors für Drehstrom- und Gleichstrombetrieb. Der Gleichrichterteil besteht aus Selenzellen, wobei für die Feldregelung eine einphasige Vollweggleichrichtung ausreicht. Die Induktivität der Feldregelung wirkt genügend glättend. Wie oszillographische Aufnahmen gezeigt haben, tritt eine störende Einwirkung von Wechselspannungen nicht auf. Für den Anker wurde der Gleichrichter dagegen mehrphasig ausgebildet, um Gleichspannungen geringer Welligkeit zu erhalten. Mit dieser Einrichtung wurden auch günstige Ergebnisse beim Überschalten von der Hilfsgeschwindigkeit auf die niedrigste Arbeitsgeschwindigkeit erzielt. Zu kurze Überschaltzeiten ergeben Brüche der Papierbahn, da die Papierrollen mit einem Gewicht von etwa 900 kg von 8 auf 46 m/min beschleunigt werden müssen. Der in 5 s vollzogene Überschaltvorgang ergibt nicht nur Zugbeanspruchungen der Papierbahn, die weit unter der Bruchgrenze liegen, sondern auch weiche Drehzahlübergänge mit günstiger Auswirkung auf den Druck.



A Ständer-Hauptwicklung
B Ständer-Hilfswicklung
C Kommutator mit Bürsten
D Drehregler-Läufer
E Drehregler-Ständer
a Schütz für Hilfsgeschwindigkeit
b_1, b_2 Schütze für Arbeitsgeschwindigkeit

Bild 2. Grundsätzliche Schaltung des Motors.



A, *B* Gleichlaufmaschinen, mit Drehregler gekuppelt
C Kontakteinrichtung
D Differentialmaschine

Bild 3. Differentialsystem zur Erzielung des Gleichlaufes.

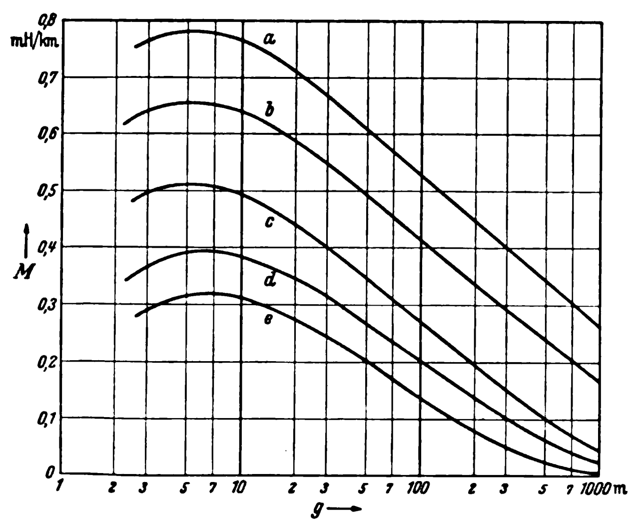
Um die Maschine vielseitig auszunützen und Verdrehungen in den langen Antriebswellen zu vermeiden, wird die Antriebsleistung auf mehrere Motoren unterteilt. Dadurch entstehen Mehrfach-Antriebe, bei denen die Motoren starr durch eine gemeinsame Welle gekuppelt sind. Dabei ist wichtig, daß jeder Motor nur seinen Lastanteil aufbringt, um die Welle nicht mit ungünstigen Ausgleichsmomenten zu belasten. Daher muß für einen genauen Gleichlauf der Drehregler Sorge getragen werden. In der beschriebenen Anlage ist eine Gleichlaufsteuerung angegeben, die eine elektrische Welle in Differentialschaltung anwendet. Die Schaltung zeigt Bild 3, wobei das Differential über eine Kontakteinrichtung die Verstellmotorschütze des Drehreglers steuert; dadurch wird die Fortschaltung des voreilenden Motors verhindert. *Sb.*

Fernmeldetechnik

DK 621.315.2 : 621.396.82 : 621.33

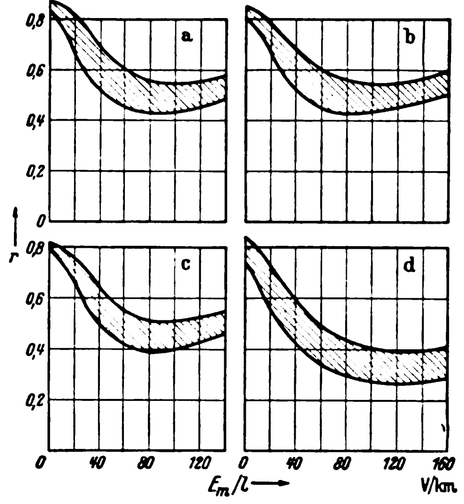
Beeinflussung von Fernkabeln durch Wechselstrom-Bahnanlagen. [Nach W. Wild und H. Ochem, Europ. Fernsprechdienst 56. Folge (1940) S. 186; 6 S., 5 B.]

Bisher konnte man Fernkabel im allgemeinen in solchem Abstand von Wechselstrombahnen verlegen, daß besondere Maßnahmen zum Schutz gegen Gefährdung und Störung durch induzierte Spannungen nur ausnahmsweise notwendig waren. Der Ausbau des Fernkabelnetzes und besonders das Verlegen von Kabeln in engen Tälern mit Bahnen wird ein solches Ausweichen öfter unmöglich machen. Die Verfasser stellen daher die zum Vorausberechnen der Beeinflussung erforderlichen Unterlagen mit dem Ziel zusammen, den jeweils erforderlichen Mantelschutzfaktor zu ermitteln. Bei der üblichen Prüfspannung zwischen Adern und Erde darf nach den Leitsätzen des CCIF die bei Bahnkurzschlüssen induzierte EMK etwa 1100 V erreichen. Zum Berechnen muß man den Bahnkurzschlußstrom, den Schienenstrom und die Gegeninduktivität kennen. Die Gegeninduktivität hängt in bekannter Weise von Abstand, Frequenz und Leitfähigkeit des Erdreiches ab. In bestimmten Bereichen gültige Näherungsformeln und deren Fehler (Druckfehler: S. 187 muß es über Formel (2) heißen „M unter 0,5 mH/km") werden angegeben. In Alpentälern soll bei $16^2/_3$ Hz mit einer Leitfähigkeit von 30 µS/cm, bei 800 Hz mit 12 µS/cm gerechnet werden. Bezüglich der Wirkung des Schienenstroms wird betont, daß bei enger Näherung der Abstand zwischen Kabel und Fahrleitung wesentlich größer sein kann als der Abstand zwischen Kabel und Schienen. Die kompensierende Wirkung des Schienenstromes kann dadurch so stark ansteigen, daß trotz abnehmenden Abstandes von der Bahn unterhalb von etwa 5 m die induzierte EMK langsam sinkt. Bild 4 zeigt für verschiedene Werte der Leitfähigkeit die resultierende Gegeninduktivität in Abhängigkeit von dem Abstand zwischen Kabel und Gleismitte. Zum Berechnen des Bahnkurzschlußstromes wird angegeben, daß der Widerstand für $16^2/_3$ Hz bei eingleisigen Strecken etwa 0,27 Ω/km, bei zweigleisigen etwa 0,23 Ω/km beträgt; als Widerstand des Unterwerks einschließlich Fernleitung werden 5 Ω eingesetzt. [Bei Unterwerken stark belasteter Hauptstrecken kann dieser Widerstand auf 2,5 Ω zurückgehen. Anm. d. Ber.] Als Beispiel wird für eine auf 20 km enge (30 m), dann auf 15 km weitere Näherung eine induzierte EMK von etwa 1700 V berechnet. Da nur 1100 V zulässig sind, muß das Kabel einen Schutzfaktor von etwa 0,6 erhalten, und zwar bei einer mittleren Mantelspannung von 50 V/km. Die bei verschiedenen Fernkabeln mit Bandeisenbewehrung erreichbaren Werte des Schutzfaktors zeigt Bild 5; die Kabel *a* bis *c* haben zwei Bänder von 0,5 mm, *d* zwei Bänder von 0,8 mm Dicke. Wegen der schwankenden Permeabilität des Eisens sind jeweils Streubereiche



a für Skandinavien bei $16^2/_3$ Hz und 4,4 µS/cm
b für Alpentäler bei $16^2/_3$ Hz und 30 µS/cm
c für Mitteleuropa bei $16^2/_3$ Hz und 370 µS/cm
d für Alpentäler bei 800 Hz und 12 µS/cm
e für Mitteleuropa bei 800 Hz und 53 µS/cm
g Abstand des Kabels von Gleismitte

Bild 4. Wirksame Gegeninduktivität *M* zwischen Kabel und Bahn für $16^2/_3$ Hz bei einem Schienenstrom von 45% des Fahrdrahtstromes und 160° Nacheilung und für 800 Hz bei 50% Schienenstrom und 180° Nacheilung.



a 27 paariges Kabel
b 66 „ „
c 114 „ „
d 114 „ „ mit Al- statt Cu-Adern
E_m/l Mantel-EMK, bezogen auf die Einheit der Parallelführungslänge

Bild 5. Schutzfaktor *r* verschiedener Fernkabel bei $16^2/_3$ Hz in Abhängigkeit von der bezogenen Mantel-EMK (E_m/l).

angegeben. Wenn mehrere Kabel in einem Graben verlegt werden, wirken die Mantelströme auch auf die benachbarten Kabel günstig ein. Bei bandbewehrten Kabeln ist der Mantelstrom und damit diese wechselseitige Wirkung freilich gering (Senkungsfaktor 0,93 bis 0,95); bei starken flachdrahtbewehrten Kabeln kann der Faktor 0,85 erreichen.

Außer der Gefährdung bei Bahnkurzschlüssen muß die Störung durch die Oberwellen des Bahnstromes berücksichtigt werden. Als Fernsprechformfaktor der Spannung werden Werte von 0,07 bis 0,27% angegeben; bei dem Mittelwert von 0,16% ist die Störspannung in der Fahrleitung (Spannung 16 kV) etwa 25 V. Wenn man den Widerstand der Fahrzeuge für den Oberschwingungsstrom vernachlässigt, verhält sich die im Kabel induzierte EMK zur Störspannung wie die Gegeninduktivität zur Eigeninduktivität der Fahrleitung (1,5 mH/km) Die so berechneten Spannungen, die durch Messungen ausreichend bestätigt sind, werden durch den Schutzfaktor des Mantels noch, je nach der Mantelstärke des Kabels, auf 0,05 bis 0,025 ihres Wertes gesenkt. Für das vorher benutzte Beispiel kommt man so auf eine frequenzbewertete Längs-EMK von 170 mV. Bei symmetrischen Doppelleitungen wirkt sich aber im Fernhörer nur ein kleiner, in der Hauptsache durch kapazitative Unsymmetrien bedingter Bruchteil dieser EMK aus, der nach Angabe der Verfasser für Adern der Außenlage bei etwa 0,05%, für Adern der Innenlagen noch niedriger liegt; das Verhältnis aus der Geräusch-EMK in der Schleife und aus der frequenzbewerteten Längs-EMK wird als „Empfindlichkeitsbeiwert" bezeichnet, offenbar eine statistische Größe, so daß man nur einen wahrscheinlichen Wert der Geräusch-EMK berechnen kann, der für das gewählte Beispiel bei 0,085 mV liegt und damit unter Berücksichtigung des Empfangspegels unterhalb des für eine Teilstrecke zulässigen Bruchteiles der insgesamt zulässigen Geräusch-EMK von 5 mV liegt. *Kl.*

DK 621.396.823

Niederfrequentes Beeinflussen von Fernmeldeleitungen durch Starkstromleitungen. [Nach J. O'R. Coleman und H. M. Trueblood, Electr. Engng. 59 (1940) Transactions S. 403; 9½ S., 6 B.]

Dieser Bericht, der von der Tätigkeit des Joint Subcommittee on Development and Research of the Edison Electric Institute and the Bell System stammt, behandelt die Entwicklungen an dem Problem der niederfrequenten, induktiven Beeinflussung während des vergangenen Jahrzehntes und beschäftigt sich hauptsächlich mit der Induktion von Strömen, die den Erdfehlern und den Ausgleichsvorgängen, die solche Fehler begleiten, zuzuschreiben sind. Das Beeinflussen kommt durch den über Erde fließenden Strom zustande, dessen Größe durch die Scheinwiderstände der Starkstromleitungen und der Kabel, durch die Scheinwiderstände in den Verbindungsleitungen des geerdeten Nullpunktes und durch den Fehlerwiderstand bestimmt ist. Die wichtigsten Lücken in den Werten für diese Größen wurden durch einen Bericht aus dem

Jahre 1937 ausgefüllt. Hinsichtlich der Verringerung des Erdstromes ist das Aufstellen von etwa 30 Petersenspulen innerhalb der letzten drei Jahre die wohl am meisten interessierende Tatsache. Durch die Petersenspule wird allgemein der Kurzschlußstrom eines Systems mit starr geerdetem Nullpunkt auf den geringen Erdschlußstrom begrenzt, wodurch auch die induzierte Längsspannung kleine Werte annimmt. Die Häufigkeit von Erdfehlern — bei 50 bis 90% der untersuchten Fehlervorkommen wurde der Blitz als Ursache festgestellt — konnte durch verbesserte Isolation der Starkstromleitungen, durch verbesserte Erddrähte und durch die verbesserten Eigenschaften des organischen Aufbaues herabgesetzt werden. In drei Netzen waren ½ bis 6% der Fehler zweiphasige Erdschlüsse. Zum Herabsetzen der Dauer der Erdfehler ist die sogenannte Blitzableiterröhre für Starkstromleitungen wahrscheinlich die wichtigste Entwicklung vom Standpunkt der niederfrequenten Beeinflussung; sie unterbricht den Überschlag und stellt die Isolation innerhalb einer halben Periode wieder her. Andere Fortschritte in dieser Richtung liegen in der Zunahme der Betätigungsgeschwindigkeit bei den Schaltern einschließlich der vergrößerten Ansprechgeschwindigkeit der Relais und (außer für ständige Fehler) in der Petersenspule. Die Theorie der Bestimmung des Kopplungskoeffizienten oder der gegenseitigen Impedanz zwischen Starkstrom- und Fernmeldeleitungen wurde erweitert und umfaßt jetzt Leitungen von willkürlichen Längen und Umrissen, ebenfalls auch gewisse Arten von verschiedenartigem Erdaufbau. Eine Sammlung der Werte der verschiedenen spezifischen Erdwiderstände, die durch Sondedrahtmessungen in verschiedenen Teilen des Landes bestimmt wurden, dient als allgemeiner Anhalt bei vorläufigen Schätzungen. Vor einer endgültigen Entscheidung soll es in wichtigen Fällen zweckmäßig sein, Kopplungsmessungen vorzunehmen, zumal einfache und billige Feldmessungsverfahren und Geräte entwickelt sind. Auf einen bereits früher erschienenen Bericht über die Verfahren und Werte zum Berechnen der Herabsetzungen von induzierten Längsspannungen durch Schutzwirkungen von Erdseilen der Starkstromleitungen oder Bewehrungen von Starkstrom- oder Fernmeldekabeln oder geerdeten Adern in Fernmeldekabeln u. a. wird hingewiesen. Die Größe und Dauer der Induzierung bewirkt in der Fernsprechleitung eine Betriebsunterbrechung durch das Ansprechen des Blitzableiters, Anlageschäden, die Möglichkeit eines akustischen oder elektrischen Schocks, falsche Zeichengebung und Verzerrungen der Telegraphensignale. Wachsender Gebrauch wird von dem zusammengesetzten Gleichstrom-Zeichengebungssystem für Überwachung und Wählbetrieb in Orts- und Fernkabeln gemacht. Die Ausrüstung dieser Systeme mit einer Einrichtung zum Kompensieren der induzierten Längsspannung oder des Erdpotentials setzt ihre Empfindlichkeit für niederfrequente Induzierung herab, doch sind die Untersuchungen an diesem und anderen Zeichengebungssystemen noch nicht abgeschlossen. Die Entwicklungsarbeit an dem Relais-Blitzableiter wurde wesentlich vervollständigt. Diese Einrichtung hat sich im Gebrauch als eine wichtige Maßnahme in Beeinflussungsfällen erwiesen. Zwei Bauarten von Entkopplungstransformatoren wurden entwickelt; die eine ist für eine Einzelleitung bestimmt und wird mit Erfolg in der Praxis gebraucht, da sie auch bei Starkstromstörungen den ununterbrochenen Fernsprechbetrieb zwischen Starkstromstationen ermöglicht. Die andere, die für den Fernleitungsgebrauch entwickelt wurde, erwies sich im Betriebsversuch als befriedigend, doch ist ihr wahrscheinliches Anwendungsgebiet gering. Zum Unterdrücken der akustischen Störungen ist ein Knallschutzgerät mit Gleichrichtern an Stelle der früher gebräuchlichen Einrichtung mit Aufwärtstransformator und Funkenstrecke an den Arbeitsplätzen der Beamten in Gebrauch. Die Erfahrung zeigt, daß es allgemein befriedigt.

Fr. H.

DK 621.385.14

Verhalten von Leuchtstoffen bei intermittierender Elektronenbestrahlung. [Nach M. Knoll, Z. Phys. 116 (1940) S. 385; 30 S., 27 B.]

In den Oszillographen-, Bildschreib- und Bildabtaströhren spielen sich Leucht-, Aufladungs- und Sekundäremissionsvorgänge ab, die von M. Knoll untersucht werden. Um die Lichtemission eines kurzzeitig erregten Flächenelementes zu messen, benutzt er eine Kathodenstrahlröhre mit eingeschmolzenem kühlbaren bzw. heizbaren Leuchtschichtträger aus Glas oder Metall, vor deren Kathode eine Steuerscheibe angebracht ist, die von einem Impulsgeber rechteckige Spannungsimpulse erhält (Bild 6). Die erzeugten Helligkeitsimpulse werden von einer Photozelle mit eingebautem Vervielfacher aufgefangen und nach Verstärken oszillographisch aufgezeichnet. Diese Oszillogramme zeigen, daß der Leuchtstoff

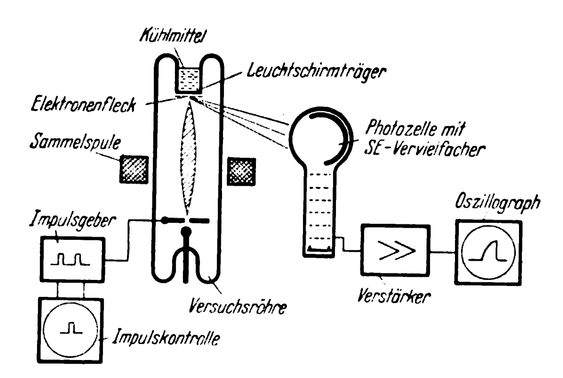


Bild 6. Anordnung zur Untersuchung des Leuchtens bei intermittierender Elektronenbestrahlung.

nach dem plötzlich eintretenden Beginn der Elektronenerregung eine gewisse Zeit bis zur vollen Lichterregung braucht und entsprechend nach dem Aufhören der Elektronenbestrahlung eine kurze Zeit nachleuchtet. An- und Nachleuchtdauer nehmen mit zunehmender Stromdichte des Elektronenstrahles ab. Wird ein Zink-Kadmiumsulfid-Leuchtschirm mit flüssiger Luft gekühlt, so findet man kaum eine Abhängigkeit von der Temperatur des Leuchtschirmes. Die Abnahme der An- und Nachleuchtdauer mit der Stromdichte ist also kein Temperatureffekt, sondern scheint mit der Zunahme der Elektronenkonzentration im Leuchtstoff zusammenzuhängen. Eine für die Bildwiedergabe in Fernsehröhren wichtige Folge des Anleuchtens ist die Abnahme der Bildhelligkeit mit der Schreibgeschwindigkeit des Elektronenstrahls, also mit Zeilenzahl und Zeilenlänge des Bildes. Dagegen ist die Abhängigkeit der Lichtstärke vom Brennfleckdurchmesser ein reiner Temperatureffekt, da beim gekühlten Leuchtschirm die Helligkeitsabnahme bei Fokussierung des Strahlbündels wesentlich geringer ist als beim ungekühlten. Die Bildpunktdauer betrug bei diesen Versuchen etwa $0{,}2 \cdot 10^{-6}$ s; in dieser kurzen Zeit muß beim ungekühlten Leuchtschirm die Helligkeit des Bildpunktes um 30 bis 50% abgenommen haben. Diese Abnahme durch Momentanüberhitzung ist auch im Oszillogramm nachweisbar. Daneben kann die Dauererwärmung noch eine Abnahme der Gesamtamplitude des Helligkeitsimpulses bedingen.

Die bei Elektronenbestrahlung einer Leuchtstoffschicht auf metallischem Träger mit dem Elektrometer meßbare Aufladung gegen die Sekundäremissionsanode ist eine Funktion des von Elektronengeschwindigkeit und Art des Leuchtstoffes abhängigen Sekundäremissionsfaktors. Sie beginnt für ZnO ähnlich wie für Metalle von 2 kV, für ZnS-CdS und andere Leuchtstoffe von 5 bis 10 kV Anodenspannung ab. Bei Leuchtstoffen, die zur Metallabscheidung neigen, hängt die Aufladespannung außerdem noch von der Bestrahlungsdauer ab. Bei bewegtem Elektronenstrahl treten periodische Aufladungen und Entladungen der Leuchtschirmfläche auf. Sie entstehen dadurch, daß die vorübergehend vom Strahl berührte Fläche bis zur nächsten Berührung durch Ableiten Ladung verlieren oder durch herumirrende Elektronen neue Ladungen aufnehmen kann. Von solchen periodischen Aufladungen rühren zwei Störeffekte bei Bildschreibröhren her. Wenn der Elektronenstrahl in Form zweier ineinander kämmender Zeilensprungraster den Leuchtschirm überfährt, so fallen mitunter beim Erhöhen der Strahlstromstärke plötzlich die bisher um Zeilenbreite gegeneinander verschobenen Zeilenraster genau aufeinander, so daß das Bildraster nur noch die halbe Zeilenzahl besitzt. Diese Störung wird durch die Annahme erklärt, daß durch verirrte Elektronen negative Ladungen auf den vom Elektronenstrahl nicht getroffenen Zeilenlücken aufwachsen und den Elektronenstrahl in die Spur des vorangegangenen Rasters abdrängen, falls das durch den Elektronenstrahl entstehende Gleichgewichtspotential positiver als das Ladungsniveau der verirrten Elektronen ist.

Ein anderer Störeffekt ist das sogenannte Bildflattern. Besonders bei hohen Strahlströmen entstehen rasch wechselnde Parallelverschiebungen und mehr oder weniger symmetrische Formänderungen, meist einseitige Vergrößerungen des Rasters. Bei einigen Leuchtschirmen tritt das Flattern nur bei Fokussierung auf. Bei anderen steht das Raster bei Fokussierung ruhig, flattert bei leichter Defokussierung und wird bei stärkerer Fokussierung wieder ruhig. Daneben beobachtet man eine Zunahme der Bildunruhe mit der Rastergröße. Das mittlere Gleichgewichtspotential einer mit Zeilenraster überfahrenen Leuchtstoffschicht zeigt erhebliche Verschiebungen von der Größenordnung 100 V, d. h. 2,5% der

Anodenspannung. Diese Beobachtung führt auch hierbei zu der Annahme von Ladungen, die mit der Stromstärke zunehmen und je nach dem Fokussierungszustand des Abtaststrahles bei dessen Berührung mehr oder weniger neutralisiert werden. Die Natur dieser Ladungen läßt sich aus kurzzeitigen Aufnahmen erschließen. Der Leuchtschirm ist im Innern der Röhre angebracht. Auf der Außenseite des Schirmbodens befindet sich ein kapazitiver Abnehmer für die Verschiebungsspannungen, der über einen Widerstand mit der Kathode verbunden ist. Der kapazitive Strom wird durch einen an den Widerstand angeschlossenen Verstärker geleitet und der Steuerscheibe einer Bildwiedergaberöhre zugeführt. Dieselbe Wiedergaberöhre gestattet auch, das von einem Photozellenvervielfacher aufgenommene Lichtbild des Leuchtschirmes, dessen Kontraste elektrisch verstärkt werden, zu betrachten. So kann man bei niedrigeren Strahlgeschwindigkeiten auf Vorzeichen und Höhe der periodischen Ladungen schließen und bei höheren Strahlgeschwindigkeiten die auf dem Leuchtschirm stehenden Potentialgebirge direkt sichtbar machen.

Die Sekundäremissionskurve einer dünnen Leuchtstoffschicht kann durch Vergleich mit der bekannten Kurve eines Metalles im Elektronenabtaster aufgenommen werden. Die mit der oben geschilderten kapazitiven Sonde gewonnenen Sekundäremissionsbilder erlauben Schlüsse auf Gleichmäßigkeit und Struktur eines Leuchtschirmes, auch wenn die Röhre abgeschmolzen ist. Sekundäremissionsbild, Ladungsbild und das vom Licht des Leuchtschirms herrührende Strukturbild ergänzen sich gegenseitig. *Br.*

Theoretische Elektrotechnik

DK 621.315.615.015.51

Die Durchschlagfestigkeit von Mischungen dielektrischer Flüssigkeiten. [Nach F. Ruhle, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 8, S. 490; 11 S., 13 B.]

Die Durchschlagfestigkeit von Mischungen dielektrischer Flüssigkeiten wird bei Wechselspannung von 50 Hz zwischen Kugelelektroden gemessen. Gemischt werden Vertreter der gesättigten Kohlenwasserstoffe, der aromatischen Kohlenwasserstoffe und deren Halogenderivate, der Ketone sowie einige Mineralöle. Hierbei werden zwei Gruppen unterschieden, die dipolfreien und die Dipolflüssigkeiten. Die Mischungen erfolgen sowohl innerhalb dieser Gruppen, als auch zwischen Vertretern beider. Die größte Zahl aller Mischungen zeigt das gleiche Verhalten. Haben beide Komponenten die gleiche Durchschlagfestigkeit, so ist die Durchschlagfestigkeit der Mischung vom Mischungsverhältnis unabhängig. Besitzt eine der Komponenten eine geringere Festigkeit, so ergeben schon geringe Prozentsätze dieser Flüssigkeit eine starke Abnahme der Festigkeit der Mischung. Die Änderung der Festigkeit mit dem Mischungsverhältnis ist nichtlinear. Eine Ausnahme hiervon machen die Mischungen zwischen gesättigten Kohlenwasserstoffen als dipolfreie Grundsubstanz und Halogenderivaten der aromatischen Kohlenwasserstoffe als Beimengung mit Dipolmoment. Werden zu den gesättigten Kohlenwasserstoffen, wie Hexan oder Heptan, geringe Mengen von Chlorbenzol, Jodbenzol oder Brombenzol hinzugesetzt, so steigt die Durchschlagfestigkeit der Mischung an, obwohl die Festigkeit der Beimengung wesentlich unter der der Grundsubstanz liegt. Bei größeren Zusätzen erfolgt dann eine schnelle Abnahme auf den tiefen Wert der zugesetzten Flüssigkeit. Auch Nitrobenzol und Chinolin ergeben den gleichen Effekt. Das auftretende Maximum der Durchschlagfestigkeit beträgt bei allen Mischungen 30 bis 40% der Ausgangsflüssigkeit, und ist nach Lage und Breite von der Art der beigefügten Flüssigkeit abhängig. Ein Zusammenhang mit anderen physikalischen oder chemischen Eigenschaften der Beimengungen konnte bis jetzt nicht gefunden werden. Mischungen von Mineralölen untereinander zeigen oft eine geringere Durchschlagfestigkeit als die nicht gemischten Öle. Zusätze der oben genannten, die Festigkeit erhöhenden Flüssigkeiten zu Mineralölen ergeben eine geringe Zunahme der Durchschlagfestigkeit.

Physik

DK 537.534.8

Die Winkelabhängigkeit der Sekundärelektronenemission von Isolatoren. [Nach H. Salow, Phys. Z. 51 (1940) S. 434; 8 S., 10 B.]

Quantitative Messungen über die Abhängigkeit der Sekundärelektronenemission s der Isolatoren vom Auftreffwinkel φ der Primärelektronen liegen bisher nicht vor. Qualitative Messungen ergaben eine auffällige sprunghafte Änderung des Elektronenstromes, die als plötzliche Änderung der Sekundärelektronenemission gedeutet wurde. H. Salow benutzt zur Messung ein bereits früher geschildertes Verfahren[1], bei dem einem periodisch unterbrochenen Strom von Primärelektronen ein gleichförmiger Strom von so langsamen Elektronen überlagert wird, daß dieser einen Sekundäremissionsfaktor unter 1 besitzt. Die ständige Umladung durch den ersten Strom erzeugt einen Wechselstrom, der als Verschiebungsstrom den Isolator durchsetzt und nach hinreichender Verstärkung oszillographisch gemessen wird. Die Messungen an Glimmer, Glas und Zinkblende zeigen keine Unstetigkeit in einem Bereich von 300 bis 3000 V; sie lassen sich durch die von Bruining für Metalle aufgestellte Formel

$$s = s_0\, e^{p\,(1 - \cos\varphi)}$$

gut wiedergeben. Hierbei bedeutet p eine vom Stoff abhängige Konstante. Auch die Zahlenwerte für p fügen sich in das Gesamtbild der Metalle ein. Glimmer und Glas erreichen entsprechend ihrem großen Atomvolumen höhere Werte als die Schwermetalle und als Aluminium, ohne die großen Werte von Lithium zu erreichen. Die Bruiningsche Deutung $p = \alpha\, l_0$, worin α der Absorptionskoeffizient der Sekundärelektronen und l_0 die mittlere Eindringtiefe der Primärelektronen sein soll, läßt sich allerdings nur für kleinere Spannungen etwa bis zum Maxium der Sekundäremission aufrecht erhalten. Für höhere Spannungen wird eine nicht so übersichtliche Formel abgeleitet, die Spannungs- und Winkelabhängigkeit wiedergibt. Die früher gefundene Unstetigkeit wird auf das besondere Meßverfahren zurückgeführt. *ue.*

Verschiedenes

DK 620.193.7+.92 : 669.71

Versuche mit elektrolytischer Korrosion von in Erde verlegten Metallteilen bei konstanter Gleichspannung. [Nach Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 562; 1½ S.]

Die in einer früheren Veröffentlichung der Kontrollstelle der Korrosionskommission von H. Bourquin[2]) aus bisherigen Versuchen gezogene Schlußfolgerung, wonach Aluminium und seine Legierungen sich im Erdboden unter Streustromeinfluß ungünstiger verhielten als die Schwermetalle Blei, Eisen und Kupfer, wird als verfrüht bezeichnet. Sie ist aus dem Vergleich der spezifischen Gewichtsverluste der Versuchsobjekte mit den nach Faraday errechneten abgeleitet, während den Praktiker nur die Frage interessiert, welches Metall sich unter gleichen Einflüssen am günstigsten verhält. Dies läßt sich aber zahlenmäßig besser durch die Volumenverluste ausdrücken, die bei Aluminium am niedrigsten und auch bei Antikordal nicht größer als bei Blei und kleiner als bei Kupfer und Eisen sind. Außerdem verteilt sich der Gesamtverlust bei Aluminium annähernd gleich auf Anode und Kathode und damit günstiger als bei den Schwermetallen, bei denen er praktisch auf die Anode allein entfällt, so daß gefährliche Stoffverluste theoretisch bei Leichtmetallen entsprechend später als bei Schwermetallen auftreten dürften. Berücksichtigt man noch die sonstigen günstigen physikalischen und mechanischen Eigenschaften, wie Festigkeit, Fließgrenze, spezifisches Gewicht, so ist von Aluminiummänteln ein mindestens ebenso gutes Verhalten zu erwarten wie von Bleimänteln, zumal für Kabelarmierung Aluminiumlegierungen sich schon seit langem eingeführt haben und bei Einphasenkabeln magnetisches Eisen nicht verwendbar ist. Aus diesen Gründen wurde beschlossen, gemeinsam mit der Korrosionskommission den Belangen der Praxis anzupassende weitere Versuche darüber durchzuführen, nach welcher Zeit Kabelmäntel aus Al oder Pb unter genau gleichen Einflüssen von Streuspannungen im Erdboden durchlöchert werden. Hierbei soll auch die Frage des Selbstschutzes durch anodisch erzeugte Schutzschichten geprüft werden. *Bg.*

[1]) H. Salow, Z. techn. Phys. 21 (1940) S. 8. Referat ETZ 61 (1940) S. 761.

[2]) Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 771. ETZ 61 (1940) S. 702.

AUS LETZTER ZEIT

Trient–Bologna elektrisch. — Am 15. 11. d. J. wurde die Bahnstrecke Trient–Bologna dem elektrischen Betrieb übergeben. Damit ist die 1452 km lange Strecke Brenner–Reggio/Calabria mit elektrischen Lokomotiven befahrbar[1]).

[1]) S. a. ETZ 59 (1938) S. 783, Karte!

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84

Drähte und Kabel

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hatte einen Entwurf zu einer Neubearbeitung von

VDE 0880 „Richtlinien für probeweise zugelassene isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen"

ausgearbeitet, der in ETZ 60 (1939) H. 33, S. 999 veröffentlicht war. Der Entwurf ist nunmehr überarbeitet worden; der 2. Entwurf kann bei der Geschäftstelle angefordert werden.

Begründete Einsprüche gegen diesen 2. Entwurf sind der Geschäftstelle bis zum 31. Dezember 1941 einzureichen.

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hat Entwürfe zu neuen Belastungstafeln für gummiisolierte Leitungen bis 1 kV sowie über 1 bis 6 kV aufgestellt.

Abzüge der Entwürfe können bei der Geschäftstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, angefordert werden.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftstelle bis zum 10. Januar 1942 einzureichen.

Installationsmaterial

Der Ausschuß für Installationsmaterial hat einen Entwurf zu einer Änderung von

VDE 0610 „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung"

aufgestellt.

§ 70 „Wärmesicherheit der Isolierteile" soll durch nachstehende Vorschrift ergänzt werden:

e) Die Prüfung auf Wärmesicherheit nach b) bis d) bezieht sich nicht auf Anbauten, Umhüllungen u. dgl. an Fassungen. Die Wärmesicherheit solcher Teile (Leuchten) ist bei einer Temperatur zu prüfen, die 10 % über derjenigen liegt, die bei der ungünstigsten Belastung auftreten kann."

Begründete Einsprüche sind der Geschäftstelle bis zum 31. Dezember 1941 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker EV.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Bezirksversammlung

am Dienstag, dem 9. Dezember 1941, 18^{00}, im Hörsaal EB 301 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Kassenbericht des Schatzmeisters für das Jahr 1940.
3. Bericht der Rechnungsprüfer über die Kassenprüfung für das Jahr 1940.
4. Vortrag des Herrn Dr.-Ing. H. Roelig, Leverkusen, über das Thema:

„Neuere Erkenntnisse bei der Prüfung von Kunstgummi"

Inhaltsangabe:

Die elastischen Eigenschaften: E-Modul, Fließen, bleibende Formänderung, Wärmedruckbeständigkeit und Dämpfung der verschiedenen Bunasorten und von Naturkautschuk. Zeitliche und Temperaturabhängigkeit sowie Kennzeichnung der Sorten hinsichtlich ihrer Kältebeständigkeit.

Dielektrische Eigenschaften: Temperatur- und Frequenzabhängigkeit des dielektrischen Verlustwinkels und der Dielektrizitätskonstanten der Kautschuksorten im unvulkanisierten und vulkanisierten Zustand.

Struktur der Polymerisate: Parallelen zu den elektrischen und elastischen Eigenschaften.

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebietes: „Funktechnik und Verstärkertechnik"
Leiter: Professor Dr. phil. H. Faßbender VDE.

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. E. Hölzler, Berlin, am Donnerstag, dem 11. Dezember 1941, 18^{00}, im Hörsaal HG 25 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, über das Thema:

„Übertragungvorgänge beim Fernsprechen auf Kurzwellen"

Inhaltsangabe:

Allgemeine Übersicht über das Funkfernsprechen

Zweiseitenband- und Einseitenband-Verfahren

Vorteile des Einseitenbandverfahrens hinsichtlich der Geräusche, der Kreuzmodulation und des Schwundes

Die drahtlose Strecke als Mehr-Wege-System-Wirkung einer solchen Übertragung auf das Ohr, Einfluß des Trägerschwundes, Filmaufnahmen des Schwundes auf der Strecke Berlin—New York—Berlin.

Die Einseitenbandverbindung Berlin—New York.

Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Ort: VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.

Kabel und Leitungen. Leiter: Obering. Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.
8. Dezember 1941, 18^{00}, Vortragsreihe: Betrieb von Starkstromkabelnetzen. „Temperatur-Überwachung in Starkstromkabelnetzen", Vortragender: Ing. J. Dominik.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
9. Dezember 1941, 18^{00}, Vortragsreihe: Städtische Verkehrsmittel. „Der Oberleitungsomnibus" (mit Film). Vortragender: Dipl.-Ing. E. Holtgreve.
Der Vortrag wird verschoben und neuer Termin bekanntgegeben.

Stromrichter. Leiter: Dr.-Ing. habil. W. Schilling VDE.
10. Dezember 1941, 18^{00}, Vortragsreihe: Sonderfragen der Stromrichterphysik. „Schaltungen zur Prüfung von Stromrichtergefäßen", Vortragender: Dr.-Ing. H. Dreyer VDE.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
11. Dezember 1941, 18^{00}, Vortragsreihe: Elektroakustik. „Schallaufzeichnung". Vortragender: Dr. W. Weber.

Elektrotechnisches Rechnen. Leiter: Dr.-Ing. L. Mirow VDE.
15. Dezember 1941, 18 Uhr, Vortragsreihe: Die symbolische Methode in der Wechselstromtechnik. „Ortskurventheorie II. Teil". Vortragender: Dr.-Ing. L. Mirow VDE.

Installationstechnik. Leiter: Dipl.-Ing. R. Schamberger VDE.
16. Dezember 1941, 18^{00}, „Technisch-phys. Begriffe in ihrer Bedeutung für die Installationstechnik" (Kurzschlußstrom, Schaltleistung, Selektivität), Vortragender: Dipl.-Ing. F. Kristofory.

Hochfrequenztechnik. Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.
18. Dezember 1941, 18^{00}, **Technische Hochschule, Saal HG 25.** Vortragsreihe: Sondertechnik. „Quarzsteuerung", Vortragender: Dr. phil. R. Bechmann.

Hochspannungstechnik. Stellv. Leiter: Dipl.-Ing. F. Schultheiss VDE.
19. Dezember 1941, 18^{00}, Vortragsreihe: Kurzschlußströme in Hochspannungsnetzen. „Ermittlung der Kurzschlußstrome durch das Netzmodell". Vortragender: Oberingenieur Dr. phil. K. Pohlhausen VDE.

VDE Bezirk Berlin
vorm. Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender

VDE Bezirk Danzig-Westpreußen, Danzig. 15. 12. (Mo), 20^{15}, T. H.: „Trägerfrequenz-Nachrichtengeräte für Elektrizitätswerksbetrieb" (m. Lichtb.). Oberingenieur Herrmann.

VDE Bezirk Danzig, Stützpunkt Elbing 16. 12. (Di), 20^{00}, Staatl. Oberschule für Mädchen: „Neue Elektronenstrahl-Oszillographen und ihre Anwendungsmöglichkeiten" (m. Vorführ.). Dr.-Ing. A. Bigalke VDE.

VDE Bezirk Düsseldorf. 16. 12. (Di), 18^{00}, Wilhelm-Marx-Haus: „Der Hartgasschalter als Leistungs- und Leistungs-Trennschalter". Dipl.-Ing. Schultheiss VDE.

VDE Bezirk Essen gemeinsam mit dem VDE Bezirk Niederrhein, Krefeld. Lautsprecherübertragung nach dem Europäischen Hof in Krefeld aus dem Haus der Technik in Essen: 16. 12. (Di), 17^{30}: „Das Blindstromproblem im Verbundbetrieb". Dr.-Ing. H. Roser VDE.

VDE Bezirk Magdeburg-Anhalt, Magdeburg. 9. 12. (Di), 19^{00}, Staatl. Ingenieurschule: „Licht und Elektrotechnik". Dr. G. Barleben.

VDE Bezirk Mittelbaden, Karlsruhe. 5. 12. (Fr), 18^{00}, Industrie- und Handelskammer: „Verhalten und Schutz von Kondensatoren und Netz bei Netzstörungen sowie bei Vorhandensein von Netzoberwellen". Dipl.-Ing. E. Bornitz VDE.

VDE Bezirk Nordbayern, Nürnberg. 5. 12. (Fr), 19^{30}, Werke und Bahnen, Blumenstr. 16: „Die Elektronenstrahlröhre und ihre technische Anwendung" (m. Lichtb.). Dr. Schiller.

VDE Bezirk Nordmark, Kiel. 12. 12. (Fr), 18^{30}, Phys. Inst. Univ.: „Umformer und Stromrichter". Obering. K. Baudisch.

VDE Bezirk Nordhessen, Kassel (gemeinsam mit DLTG). 16. 12. (Di), Hess. Landesmuseum: „Die Entwicklung der elektrischen Lichtquellen als Ausgangspunkt der Starkstromtechnik". Dr. G. Barleben.

VDE Bezirk Ostfriesland, Wilhelmshaven. 7. 12. (So), 10^{45}, Admiral-Scheer-Schule, Rathausplatz: „Die neuere Entwicklung der Scheinwerfertechnik". Dr. W. Rohloff VDE.

VDE Bezirk Südbayern, München (im Rahmen der Hochschulwoche der T. H. München). 10. 12. (Mi), 15^{00}, T. H., Eingang XII an der Theresien- Ecke Arcisstr.: 1. „Fernsehen", Dr. phil. F. Fuchs. 2. „Neuere Forschungen über den Blitz". Prof. Dr.-Ing. A. Schwaiger VDE.

VDE Bezirk Südsachsen, Chemnitz. 11. 12. (Do), 19^{00}, Staatl. Akademie für Technik: „Arcatomschweißung". Dipl.-Ing. Luxer VDE.

VDE Bezirk Südsachsen, Stützpunkt Plauen. 8. 12. (Mo), 19^{30}, Ratskeller: „Die Wirkungen elektrischer Ströme auf Herz und Atmung und andere innere Organe. Ergebnisse der Tierversuche, verglichen mit den Beobachtungen bei Unfällen und mit den Ergebnissen der amerikanischen elektrischen Hinrichtungen" (m. Lichtb. u. Film). Obering. K. Alvensleben VDE.

VDE Bezirk Württemberg, Stuttgart. 11. 12. (Do), 19^{30}, Technische Werke, Lautenschlagerstr. 21: „Die neueste Entwicklung auf dem Gebiete der elektrischen Maschinen". Dr. W. Leukert VDE.

VDE Fachgruppe Energiewissenschaft, Wien. 1). 10. 12. (Mi), 18^{00}, Haus der Technik: „Der Vorteil der Netzmodelluntersuchung für die wirtschaftliche Gestaltung von Netzen (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. Busemann VDE. 2). 17. 12. (Mi), 18^{00}, Haus der Technik: „Bauformen, Grenzleistung und Erregeranordnung großer Generatoren für Wasserturbinenantrieb (m. Lichtb.)." Dr.-Ing. W. Putz VDE.

Haus der Technik, Außenstelle Gelsenkirchen (gemeinsam mit dem VDCh). 8. 12. (Mo), 18^{00}, Bismarckklub, Hans-Schemm-Str. 3: „Der heutige Stand der technischen Elektrochemie". Dr-Ing. G. Morgenstern.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 17. 12. (Mi), 18^{00}, I. Phys. Inst. Univ.: „Die Apparatur der PTR zur Messung der spektralen Empfindlichkeit photographischer Schichten". H. Theissing.

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

Th. Henftling †. — Am 6. 11. 41 starb der Gefolgschaftsführer der Großkraftwerk Franken AG., Nürnberg, Herr Generaldirektor Theobald Henftling. Nach seinem Studium an der T. H. München war er bei Oskar von Miller, bei den Städtischen Werken Erlangen, weiter bei der E.A. vorm. Schuckert & Co. und dann als Vorstandsmitglied der Rhein-Main-Donau AG. tätig. Die Gründung der Betriebsgemeinschaft Kachlet-Franken war in der Hauptsache sein Werk. 1932 trat Henftling in die Großkraftwerk Franken AG. über, wo seine vorausschauenden und großzügigen Planungen die erhofften wirtschaftlichen Erfolge zeitigten. Die für die Gefolgschaft getroffenen musterhaften sozialen Einrichtungen fanden stets hohe Anerkennung.

W. Kummerer †. — Der langjährige Leiter der Großsender-Entwicklung und Prokurist der Telefunken-Gesellschaft, Herr Wilhelm Kummerer, starb am 28. September im 52. Lebensjahr. Nach seiner Ausbildung und Beschäftigung bei mehreren Firmen folgte er einem Ruf von Telefunken nach Berlin, wo er schon bald damit begann, die bis dahin fast ausschließlich empirisch betriebene Röhrensenderentwicklung theoretisch zu unterbauen. Sein Hauptverdienst besteht wohl darin, die Entwicklung stets so gelenkt zu haben, daß sie der Berechnung in möglichst weitgehendem Maße zugänglich wurde. Aus der ersten Zeit der Entwicklung des fremdgesteuerten Senders, den Kummerer trotz vieler Schwierigkeiten und Kämpfe mit Weitblick frühzeitig gefördert hat, stammt auch sein grundlegendes Neutralisationspatent. Ihm ist wohl in erster Linie auch die Einführung der stromsparenden Anoden-B-Modulation zu verdanken, die bei allen neueren deutschen Rundfunksendern und auch in Amerika weitgehend angewendet wird. Die Geschichte der Funktechnik wird seinen Namen bewahren.

W. Nernst †. — Am 18. November starb Geheimrat Prof. Dr. Walter Nernst, ehemals Präsident der PTR und Träger des Nobelpreises für Chemie. Neben der Nernstlampe und dem ebenfalls nach ihm benannten Wärmetheorem hat der bekannte Physiker unter anderem besonders auf physikalisch-chemischem Gebiet grundlegend gearbeitet.

H. Barkhausen. — Am 2. 12. vollendete Professor Dr. phil., Dr.-Ing. E. h. Heinrich Barkhausen VDE, Direktor des Instituts für Schwachstromtechnik an der T. H. Dresden, sein 60. Lebensjahr. Nach dem Studium an der T. H. München und den Universitäten Berlin und Göttingen promovierte er dort mit einer Arbeit über das Problem der Schwingungserzeugung, die auch in Buchform erschienen ist. Vor seiner Berufung an die T. H. Dresden am 1. 4. 1911 wirkte H. Barkhausen bis 1907 als Assistent am Institut für angewandte Elektrizität der Universität Göttingen und war danach als Ingenieur für Fernsprechanlagen und Kommandoapparate bei der Siemens & Halske AG. tätig.

Während des Weltkriegs arbeitete er als wissenschaftlicher Hilfsarbeiter bei der Inspektion des Torpedo- und Minenwesens und bei den Marinetruppen in Flandern und wurde vor dem Feinde mit dem E. K. II ausgezeichnet.

Die Wissenschaft verdankt ihm eine große Reihe von Veröffentlichungen[1]) auf den Gebieten der Hochfrequenztechnik, Schwingungstechnik, der Akustik, des Magnetismus und über Unterrichtsfragen, die ihn als Hochschullehrer jederzeit beschäftigt haben. Besonders bekannt sind auf dem Gebiete der ultrakurzen Wellen seine Untersuchungen, die ihn gemeinsam mit Kurz zur Entdeckung des Verfahrens zur Erzeugung kürzester

[1]) Siehe u. a. H. Barkhausen, Lehrbuch der Elektronenröhren u. ihrer techn. Anwendungen, 4. Aufl., Bd. 1 bis 4. Leipzig, Hirzel 1931/37.

Schwingungen führte, das den Namen beider Forscher führt. Auf dem Gebiete des Magnetismus trägt der magnetische Barkhauseneffekt seinen Namen. Weiter erfand er einen Schallmesser. Seine Schüler haben aus den Forschungsarbeiten stets unmittelbaren Nutzen gezogen. Ebenso wie die Hochfrequenztechnik durch die Arbeiten von H. Barkhausen maßgebend in ihrer Entwicklung beeinflußt wird, hält auch der Unterricht mit der raschen Entwicklung Schritt. In den Übungen ist neben den mit größtem pädagogischem Geschick zusammengestellten Versuchen der persönliche Einfluß, den H. Barkhausen unermüdlich und aus einer inneren Begeisterung zum Hochschullehrerberuf auf seine Schüler bei jeder sich bietenden Gelegenheit ausübt, ausschlaggebend für den Erfolg der Ausbildung. Zahlreiche Ehrungen sind H. Barkhausen widerfahren, so durch die Verleihung des Ehrendoktorates der T. H. Darmstadt und durch Verleihung in- und ausländischer Medaillen. Möge es dem Forscher und Lehrer Heinrich Barkhausen vergönnt sein, noch viele Jahre erfolgreichen Schaffens zu erleben.

H. Barkhausen

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 541.13

Elektrolytlösungen. Von Dr. G. Kortüm. (Physik und Chemie und ihre Anwendungen in Einzeldarstellungen, Band 5.) Mit 78 B., XVI u. 483 S. im Format 165×235 mm. Akademische Verlagsges. Becker & Erler K.-G., Leipzig 1941. Preis geh. 26 RM, geb. 28 RM.

Das Buch wendet sich in erster Linie an den Chemiker, der die neueste Entwicklung der Theorie und Praxis der Elektrolytlösungen kennenlernen will. Aus diesem Grunde wird weniger Wert darauf gelegt, die theoretischen Ableitungen ausführlich zu bringen, sondern es wird mehr Wert darauf gelegt, den physikalischen Inhalt der verschiedenen Theorien zu schildern und ihre Aussagen am Experiment kritisch zu prüfen.

In einem einleitenden Kapitel wird eine Übersicht über die Entwicklung der Elektrolyttheorie gegeben. Es folgt dann weiter eine kurze klare Darstellung der wichtigsten thermodynamischen Grundlagen der Theorie der verdünnten Lösungen, die dem Benutzer des Buches das Nachschlagen in anderen Büchern erspart. Mit dem 3. Kapitel über Gitterenergie, Solvatation und Lösungswärme erfolgt das erste kritische Eingehen auf die Struktur der Lösungen. Im nächsten Kapitel wird dann das Versagen der älteren Dissoziationstheorie auf Grund der Experimente nachgewiesen. Der Ausdruck „klassische Dissoziationstheorie" scheint übrigens nicht ganz zutreffend zu sein, seit man der klassischen Physik die nichtklassische gegenüberstellt; denn auch die moderne Theorie von Debye-Hückel benutzt die „klassische" Statistik. Sie ist also auch „klassisch". Das 5. Kapitel bringt kritische experimentelle Untersuchungen über den sogenannten wahren Dissoziationsgrad sowie eine knappe aber klare Darstellung der Methoden zur Bestimmung von Aktivitätskoeffizienten. Die nächsten drei Kapitel sind der Entwicklung und experimentellen Prüfung der Theorie von Debye und Hückel gewidmet.

Das 9. Kapitel ist der unvollständigen Dissoziation starker Elektrolyte gewidmet, wobei diese Theorie kritisch beleuchtet wird. Die folgenden Kapitel behandeln die Bedeutung van der Waalsscher Kräfte. Diese Behandlung erfolgt eigentlich etwas spät. Denn es ist doch so, daß Flüssigkeiten und somit auch flüssige Lösungen nur infolge der van der Waalsschen Kräfte existieren. Diese Kräfte sind also die Existenzgrundlage aller Flüssigkeiten und somit muß jede Theorie der Flüssigkeiten und auch der Elektrolytlösungen ihnen Rechnung tragen, wenn sie überhaupt eine Theorie flüssiger Lösungen sein will. Es ist dabei auch etwas überraschend, daß in diesen Kapiteln, die eigentlich an den Anfang gehörten, die theoretischen Untersuchungen von van Laar (bis 1936!) nicht berücksichtigt werden. In den weiteren Kapiteln (12 und 13) erfolgt die Ableitung von Diffusionspotentialen und Ionenaktivitäten (letztere sind doch wohl noch recht hypothetisch) und die Anwendung der Theorien auf die praktische Elektrochemie. Anschließend wird die Theorie der Säuren und Basen von Brönstedt vorgetragen; weiter der Zusammenhang zwischen Dissoziationskonstante und chemischer Konstitution, die Kinetik der Neutralsalzwirkung und Aussalz- und Einsalzeffekt. Im Schlußkapitel wird die Wechselwirkung von Ionen und Lösungsmittelmolekülen vorgetragen. Der Abschnitt über die „quasikristalline" Struktur der Flüssigkeiten kommt eigentlich auch etwas spät, denn von der wahren Struktur der Flüssigkeiten hängt schließlich die richtige statistische Behandlung ab, und solange die Struktur der Flüssigkeiten nicht genauestens bekannt ist, haben auch alle Theorien über Elektrolytlösungen nur provisorischen Charakter.

Alles in allem ist das Buch von Kortüm eine sehr gute neuzeitliche Zusammenfassung alles dessen, was bis heute auf dem Gebiet der Elektrolytlösungen an wichtigen Theorien und Erfahrungstatsachen bekannt geworden ist. Hierbei sei besonders auf die ausgezeichnete kritische Art der Darstellung verwiesen, durch die der Leser immer ein klares Bild darüber bekommt, was experimentell gesichert ist und was noch in weiterer Entwicklung geklärt werden muß. P. Droßbach

DK 534.1

Die elektroakustischen Wandler. Von Dr. phil. H. Hecht. Mit 33 B., VIII u. 243 S. im Format 155×235 mm. Verlag J. A. Barth, Leipzig 1941. Preis geh. 12 RM, geb. 13,50 RM.

Das Buch stellt eine Theorie der Geräte dar, die als Sender elektromagnetische Energie in akustische Energie umsetzen oder die umgekehrt als Empfänger akustische Energie aus einem Schallfeld aufnehmen und in elektromagnetische Energie umwandeln. In der Schalltechnik handelt es sich dabei um Schallabgabe und Aufnahme in festen Körpern, in Flüssigkeiten und in Gasen, wobei die Frequenzen vom Infraschall über den Hörschall bis weit in das Gebiet des Ultraschalles reichen und zwischen einigen Schwingungen in der Sekunde und einigen Hunderttausend liegen. Prüft man die einzelnen in Betracht kommenden physikalischen Umwandlungsprinzipien, so stellt sich heraus, daß nicht eines für alle Bereiche geeignet ist, ebenso auch nicht für die Benutzung sehr schmaler und gleichzeitig sehr breiter Frequenzbänder. Es ergibt sich somit für jeden Wandler unter Ausnutzung der Resonanz eine Apparatekonstante, die außer dem Produkt des elektrisch-mechanischen und des mechanisch-akustischen Wirkungsgrades noch die Dämpfung der Resonanzkurve enthält. Der Gesamtwirkungsgrad läßt sich unter Beachtung der für das jeweilige Schallmedium erforderlichen Anpassung auf etwa 0,5 bemessen, außerhalb der Resonanz fehlen die Angaben.

Das Buch behandelt in großer Ausführlichkeit die Erscheinungen bei den einzelnen Wandlern, die für die Schalltechnik eine Rolle spielen. Vorweg werden die allen Wandlern gemeinsamen Regeln und Gesetze behandelt. Dies gibt dem Fachmann gleich einen ausgezeichneten Überblick; der Anfänger wird vielleicht dadurch verwirrt, für ihn wäre diese Zusammenschau nach Behandlung der einzelnen Typen wertvoller. Für den Sender folgt das Grundgesetz aus dem Zusammenhang zwischen der elektrischen Komponente und der Kraftwirkung, beim Empfänger ergibt sich das Grundgesetz daraus, daß aus der auf den Empfänger wirkenden Kraft eine räumliche Koordinate des mechanischen Schwingungsgebildes auftritt, die ihrerseits mit den im elektrischen Teil des elektroakustischen Wandlers auftretenden elektrischen Vorgängen in Verbindung steht. Deshalb ist der elektroakustische Empfänger keine einfache Umkehr des elektroakustischen Senders. Während z. B. beim elektrodynamischen Prinzip für den Sender die Kraft durch die Stromstärke in der Tauchspule gegeben ist, ist beim Empfänger die erzeugte Spannung durch die Geschwindigkeit dieser Spule bedingt. Am leichtesten errechnen sich die Eigenschaften eines Wandlers, indem zunächst die mechanische Sender- und die elektrische Empfänger-Differentialgleichung und dann erst die mechanische Empfänger- und die elektrische Sender-Differentialgleichung aufgestellt wird. In dieser Weise werden der elektrodynamische und der elektromagnetische Wandler eingehend behandelt; zur analytischen Darstellung kommen auch noch Strom-Spannungsdiagramme hinzu. Der magnetostriktive Wandler

erscheint als Sonderfall des elektromagnetischen mit intermolekularen Luftspalten, er entwickelt als Sender mit einer Vormagnetisierung von 5500 Gauß die gleiche Kraft, die ein polarisierter elektromagnetischer Sender bei 250 000 Gauß gäbe. Der dielektrische Wandler ist nur als Kondensatormikrophon für die Aufnahme geeignet. Als Sonderfall werden die piezoelektrischen Wandler mit Quarz und Seignettesalz behandelt. Der Abschnitt mit vergleichenden Betrachtungen der verschiedenen Wandler zeigt in übersichtlicher Weise, für welche Frequenzbereiche die einzelnen Typen als Sender oder als Empfänger mit Vorzug eingesetzt werden können. Interessant sind noch die Schlußhinweise auf die möglichen Umwandlungsprinzipe. Es stehen sich das elektromagnetische und das dielektrische gegenüber, dem elektrodynamischen fehlt das Gegenstück, bei dem ein elektrisch geladener Körper sich im elektrischen Feld bewegt.

Die Ausführungen zeigen, daß man im vorliegenden Buch einen ausgezeichneten Einblick in die elektroakustischen Wandler erhält, und daß man einsieht, daß die Vorzüge jedes Prinzips so weitgehende sind, daß für bestimmte Aufgaben, Frequenzbereiche usw. eines alle anderen übertrifft, so daß die Vielfalt der Wandler ihre innere Berechtigung hat. Auf einzelne Ausführungsformen brauchte bei der Behandlung des Stoffes nicht eingegangen zu werden. Das Buch stellt einen beachtlichen und wertvollen Beitrag für die Elektrotechnik dar — wir haben es hier mit elektrischen Maschinen mit oszillierender statt Drehbewegung zu tun — und füllt entschieden eine bisher vorhandene Lücke im Schrifttum über die Elektroakustik aus. Dafür sind wir dem Verfasser dankbar. E. Lübcke

DK 621.365.45

Elektrische Raumheizung. Von Berat. Ing. W. Schulz. Mit 257 B. u. 171 S. im Format A 5. Verlag Carl Marhold, Halle a. S., 1941. Preis kart. 6,50 RM.

Die elektrische Raumheizung findet in den letzten Jahren immer mehr Beachtung. Das Schrifttum darüber ist jedoch verstreut. Hier füllt das Buch eine oft empfundene Lücke aus. Von einem bekannten Fachmann geschrieben, hat es den Vorzug, daß es nicht eine Heizungsart in den Vordergrund stellt, sondern die mit der Elektrowärme besonders vielseitigen Möglichkeiten der Raumheizung zeigt.

Nach einer kurzen Betrachtung über das Anwendungsgebiet und die Wirtschaftlichkeit der Raumheizung und deren geschichtliche Entwicklung bringt das Buch einige Abschnitte über die Heizelemente, deren Berechnung und Schaltung, sowie über die Temperaturregelung. Dann werden Umluftheizöfen, Strahl-Heizöfen, Rohrheizkörper, Speicherheizöfen in ihren grundsätzlichen Bauarten und kennzeichnenden Eigenschaften beschrieben. Ein besonderer Abschnitt ist der Strahlungsheizung als Boden-, Wand- oder Deckenheizung gewidmet. Sonderaufgaben, wie die Heizung von Fahrzeugen, Fensterheizung, Heizung von Treibbeeten und Bienenstöcken, werden kurz gestreift. Ausführlicher behandelt ist die Wärmebedarfs-Berechnung für verschiedene Raumheizungen und besonders wertvoll ist ein Bericht über eine größere Anzahl von verschiedenen Firmen ausgeführter Anlagen mit Betriebsergebnissen. Ein ganzer Abschnitt behandelt die Kirchenheizung mit ihren besonderen Anforderungen. Auch dieser Abschnitt ist durch Angaben über Heizleistung, Stromverbrauch und Temperaturverteilung von ausgeführten Anlagen wertvoll ergänzt. Den Schluß bilden zwei Abschnitte über elektrische Luftheizung und die dafür üblichen Geräte sowie über Wärme- und Trockenschränke.

Zahlreiche grundsätzliche Darstellungen, Schaltbilder und vor allem viele Bilder von Heizkörpern und ausgeführten Anlagen der verschiedensten Art zeigen die Vielseitigkeit der Aufgabe und erleichtern das Verständnis.

Das Buch wendet sich weniger an den Konstrukteur elektrischer Heizgeräte, es gibt vielmehr in knapper Form einen Überblick über die vielen Anwendungsmöglichkeiten der Elektrowärme für die Raumheizung und eignet sich deshalb besonders für projektierende Ingenieure, Architekten, Installateure, Schulen usw. Wilm Kind VDE

DK 681.85 : 621.3

Schallaufzeichnung auf plattenförmigen Lautträgern. Von H. Güttinger. Mit 125 B. u. 163 S. im Format A 5. Deutsch-Literar. Institut J. Schneider, Berlin-Tempelhof 1941. Preis geh. 5 RM, geb. 6,30 RM.

Zum Unterschied gegenüber manchen ähnlichen Veröffentlichungen der letzten Jahre, die gewöhnlich von Liebhabern verfaßt und für Liebhaber bestimmt waren, liegt hier eine Arbeit aus berufener Feder — der Verfasser ist Tonmeister bei der Tobis — vor. Im ersten Abschnitt werden die allgemeinen akustischen, physikalischen, physiologischen und raumakustischen Grundlagen dargestellt, wobei einschlägige Tafeln den Anforderungen der Praxis entgegenkommen. Der zweite Abschnitt behandelt unter dem Titel „Schallaufnahme" die verschiedenen Mikrophone, die zugehörigen Misch- und Regelorgane sowie Verstärkerschaltungen (mit genauen Bemessungsangaben und Leistungskurven), desgleichen sind in diesem Abschnitt nähere Angaben über Entzerrer, Dämpfungsglieder usw., die verschiedenen Aufnahmeräume und die Aufnahmetechnik enthalten. Ein weiterer Abschnitt ist den Aufnahmemaschinen und Schneidgeräten sowie dem eigentlichen Aufzeichnungsvorgang gewidmet. Der vierte und fünfte Abschnitt befassen sich dann mit der Schallwiedergabe, dem Schallträger und dessen Behandlung. Ein Anhang bringt u. a. die vom Deutschen Akustischen Ausschuß vorgeschlagenen Beurteilungsgrundlagen für hochwertige Schallaufzeichnungsverfahren; den Beschluß bildet eine kurze Besprechung handelsüblicher Geräte sowie ein umfassendes Stichwortverzeichnis und einige Literaturhinweise. Zahlreiche gute und instruktive Abbildungen ergänzen den Text.

Die überall eingestreuten Berechnungsunterlagen, Zahlenangaben usw. dürften das Buch zu einem wertvollen Helfer nicht nur des ernsteren Schallaufnahmeliebhabers, sondern in erster Linie auch solcher Leser werden, die sich beruflich mit der Schallaufzeichnung befassen. Die ausschließliche Beschränkung auf plattenförmige Lautträger ist nicht als ein Mangel anzusehen, da gerade diese Lautträger sehr weit verbreitet sind. K. Nentwig

DK 621.783

Wärmetechnische Rechnungen für Industrieöfen. Von Dr.-Ing. W. Heiligenstaedt. 2. erweit. Aufl. (Stahleisen-Bücher, Bd. 2). Mit 76 B., 109 Zahlentaf., 49 Beispielen, XII u. 332 S. im Format 170×235 mm. Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf 1941. Preis geb. 19,20 RM.

Die neue Buchreihe „Stahleisen-Bücher" hat sich zur Aufgabe gestellt, Einzeldarstellungen des Gesamtgebietes der Erzeugung, Verarbeitung und Verwendung von Stahl und Eisen unter Einschluß der Grenzgebiete zu geben. Die vorliegende umgearbeitete und stark erweiterte zweite Auflage des Buches erscheint als Band 2 dieser Buchreihe und stellt sich zur Aufgabe, eine Brücke von der Theorie zur Anwendung zu schlagen. Die gründliche Behandlung des Stoffes, die systematische Verarbeitung der gewonnenen Erfahrungen wie auch die Aufmachung des Buches sind bemerkenswert. Die Lehre von der Wärmetechnik zeigt an ihrer Entstehungsgeschichte, wie die Rechnungsregeln als Ergebnis mühevoller Untersuchungen am Ofen im Betrieb entstanden sind. Hierbei wird der Grundgedanke der Stahleisen-Bücher, das betriebliche Geschehen und die Durchführung der praktischen Arbeit in den Vordergrund zu stellen, unterstrichen. Zahlreiche Beispiele schaffen die Verbindung zwischen Lehre und Praxis. Wenn auch die Anwendung der Regeln grundsätzlich unabhängig vom Zweck des Ofens ist, so mag doch als Mangel empfunden werden, daß die Darlegung ihrer Anwendung auf die vielfältigen Aufgaben der Praxis ausschließlich auf den brennstoffbeheizten Ofen ausgerichtet ist und bei den zahlreichen praktischen Beispielen der widerstandsbeheizte Elektroofen unberücksichtigt blieb. Dem brennstoffbeheizten Ofen wird auch bei der Wärmebehandlung von Leichtmetall der Vorzug gegeben, obgleich gerade dieses Gebiet dem Elektroofen besonders eigen ist. Wenn der Verfasser die Absicht unterstreicht, die Industrieöfen der eisen- und metallverarbeitenden, der keramischen und der chemischen Industrie auf gleicher Grundlage zu behandeln, so muß in diesem Rahmen der Elektroofen entsprechend seiner großen Bedeutung und seinen wärmetechnischen Eigenarten berücksichtigt werden. E. Opitz

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. K. Blaufuß VDE, Berlin-Charlottenburg, Knobelsdorff-Str. 98
E. Döring, Berlin-Tegel, Aschebergerweg 4–6
Obering. B. Marsch, Berlin N 58, Dunkerstr. 26
Dr.-Ing. P. M. Pflier VDE, Berlin-Charlottenburg, Lietzensee-Ufer 9c.

Abschluß des Heftes: 28. November 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Springer-Verlag, Berlin W 9

62. Jahrgang | Berlin, 18. Dezember 1941 | Heft 50/51

Neuzeitliches Anlassen von elektromotorischen Antrieben auf Schiffen

Von E. Bohn, Hamburg

DK 621.34 : 629.12.02/.09

Übersicht. Ein Überblick über die Entwicklung neuzeitlicher Verfahren für das Anlassen von Motoren elektrischer Antriebe auf Schiffen durch sogenannte Mehrfach-Anlaßeinrichtungen wird gegeben, wie sie in einer für den Bordbetrieb besonders geeigneten Form entwickelt worden sind.

Einleitung

Die großen Vorteile elektrischer Antriebe haben auch auf Schiffen zu ihrer umfangreichen Anwendung geführt und ihre Zuverlässigkeit in dem durch ungewöhnlich schwere Arbeitsbedingungen gekennzeichneten Bordbetrieb unter Beweis gestellt[1]). Während für die Hilfsmaschinen des sogenannten Schiffsbetriebes, zu denen Rudermaschine, Ankerwinde, Spille, Bootsdavits, Ladewinden, Wippkräne und dgl. zählen, hochwertige Steuerungen zu entwickeln waren, mußten für die zahlreichen Antriebsmotoren der Hilfsmaschinen, wie Spülluftgebläse, Anfahrkompressoren, Kesselgebläse, Lüftungsmaschinen, Kreisel- und Kolbenpumpen aller Art, Anlaßgeräte geschaffen werden, die nicht nur den geforderten Schaltleistungen völlig genügten, sondern die auch in dem rauhen Bordbetrieb eine unbedingte Betriebssicherheit gewährleisten, wobei auch Fernanlasser und zentral zusammengefaßte Anlaß- und Regelgeräte zu berücksichtigen waren.

Mit dem Anwachsen der Zahl und der Einzelleistung der Antriebsmotoren stieg auch der Platz- bzw. Raumbedarf für die Anlasser. Besonders nachteilig wirkte sich dies für den Hauptmaschinenraum aus, weil dort die vielen der Leistung nach großen Motoren auf eine verhältnismäßig kleine Grundfläche verteilt sind. Tafel 1 gibt Aufschluß über Zahl und Leistung der wichtigsten zur Hauptmaschinenanlage gehörenden Motoren, wie sie schon ein Motorschiff von nur 12 000 BRT Größe aufweist.

Tafel 1. Wichtigste Motoren der Hauptmaschinenanlage eines Motorschiffes von 12 000 BRT.

Anzahl	Hilfsmaschine	Motorleistung PS
3	Spülluftgebläse	je 360
2	Anfahrkompressoren	,, 200
2	Frischwasser-Kühlpumpen	,, 165
2	Seewasser-Kühlpumpen	,, 245
3	Schmierölpumpen	,, 75
2	Kühlkompressoren	,, 80

Die für die Leistung und Anlaßhäufigkeit der Motoren bemessenen großen Handanlasser beanspruchten zu ihrer Aufstellung einen erheblichen Platz im Maschinenraum. Aber auch die Motoren der zahlreichen Lüftungsmaschinen forderten für die Unterbringung ihrer Schaltgeräte in den oberen Decks, die meist Wohndecks sind, eigens hierfür abgeteilte Räume. Die Verhältnisse gestalteten sich noch ungünstiger, wenn in diesen Fällen an Stelle der handbetätigten Anlasser Selbstanlasser, die durchweg größere Abmessungen aufweisen, verlangt wurden, was auch im Zuge der zunehmenden Anwendung von Selbstschaltungen häufig der Fall war. Zu berücksichtigen ist ferner, daß es sich bei den Anlassern um Teile der elektrischen Anlage handelt, die einen verhältnismäßig kleinen Arbeitszeitabschnitt aufweisen, da sie nur zum Inbetriebsetzen bzw. Stillsetzen der Motoren benutzt werden, also während eines verhältnismäßig geringen Teiles der Be-

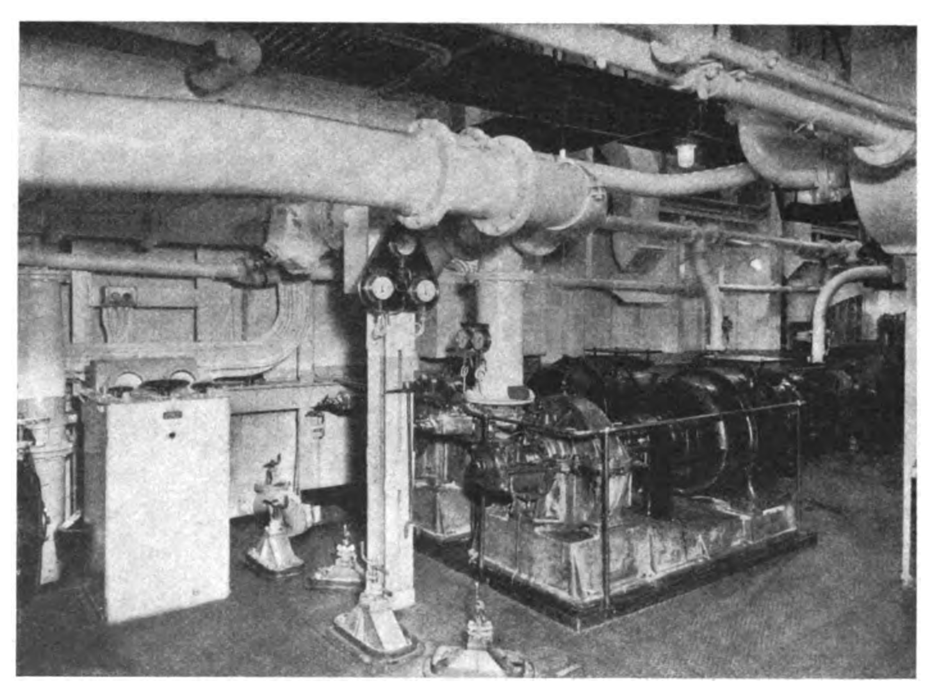
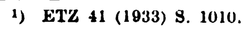


Bild 1. Anordnung eines Zweifach-Anlassers im Hauptmaschinenraum.



[1]) ETZ 41 (1933) S. 1010.

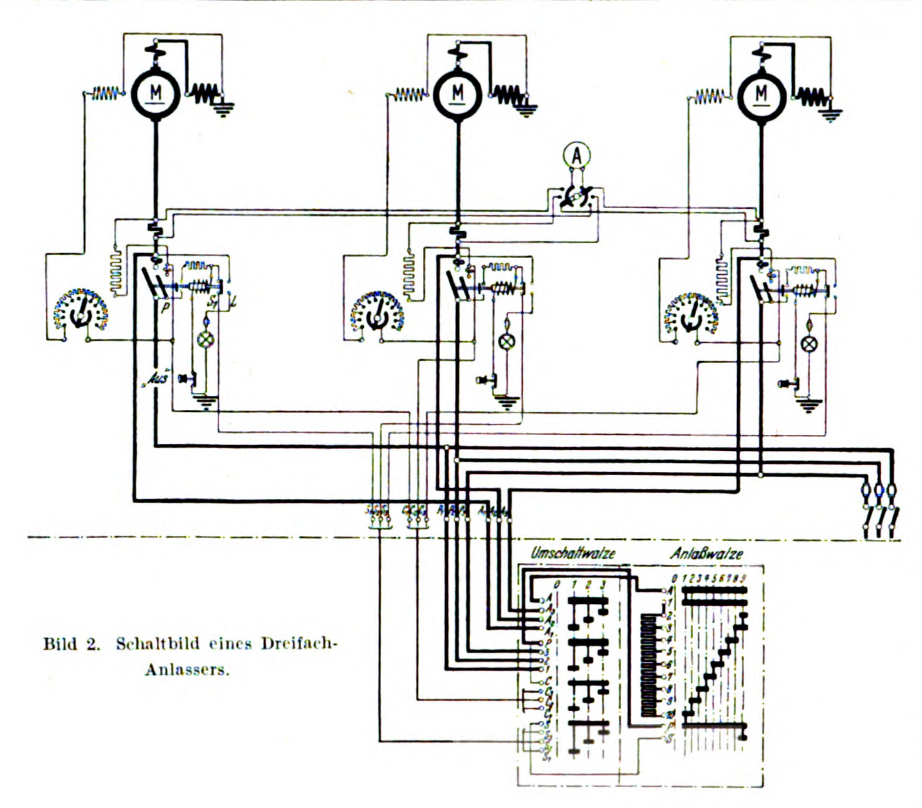


Bild 2. Schaltbild eines Dreifach-Anlassers.

Anlaßeinrichtungen für mehrere Motoren

Eine Erweiterung des Zweifach-Anlassers ist dann auf den neuesten Schiffen der Deutschen Afrika-Linien zu finden. Dabei bestehen die Anlasser aus einer Anlaß- und einer Umschaltwalze. Die Umschaltwalze wird auf den anzulassenden Motor eingestellt und dann der Motor mit der Anlaßwalze angelassen. Bild 2 zeigt die Schaltung der Anlage. Jeweils drei Motoren sind an jeden der Anlasser angeschlossen.

Auf Bild 3 ist ein Schaltwalzenanlasser für drei Verdichtermotoren von 42 bzw. 80 PS Leistung im Kühlmaschinenraum (links unten) zu sehen. Die zugehörigen Schütze sind am Schott oben angebracht, während die Abschaltdruckknöpfe zusammen mit den Meßgeräten auf einer kleinen Tafel (in der Mitte des Bildes rechts) angeordnet sind. Die links hiervon sichtbare Tafel ist eine Mehrfach-Anlaßtafel für Motoren kleinerer Leistung, über die noch an späterer Stelle gesprochen wird.

triebszeit des Schiffes überhaupt wirksam sind, die ganze übrige Zeit aber für das Schiff nur totes Gewicht bedeuten, das mitzufahren höchst unrentabel ist.

Alle diese Zusammenhänge führten dann zur Entwicklung neuer Anlaßgeräte, der sogenannten Mehrfach-Anlaßeinrichtungen, bei denen statt der Einzelanlasser nur ein einziges Anlaßorgan für mehrere Motoren vorhanden ist. Nachfolgende Betrachtungen geben einen Überblick über die auf den verschiedenen Schiffen vorliegenden Ergebnisse ihrer Entwicklung.

Arbeitsweise und Ausführung von Zweifach-Anlassern

Die erste Anpassung von Anlaßmitteln an die vorhandenen Raumverhältnisse findet sich auf den 1931 erbauten Motorschiffen „Monte Rosa" und „Monte Pascoal" der Hamburg-Südamerikanischen Dampfschiffahrts-Gesellschaft, auf denen für die Hauptpumpen sogenannte Zweifach-Anlasser verwendet wurden; diese haben bereits auf die übersichtliche Gestaltung des Maschinenraumes einen merkbaren Einfluß ausgeübt.

Bild 1 zeigt die Anordnung dieser Anlasser in unmittelbarer Nähe der Pumpen. Die Schaltwalze des Zweifach-Anlassers ist als Umschaltwalze ausgebildet und nach beiden Seiten drehbar. Beim Drehen nach der einen Seite wird ein Frischwasser-Kühlpumpenmotor, nach der anderen ein Seewasser-Kühlpumpenmotor angelassen; für beide Motoren wird ein gemeinsamer Anlasserwiderstand benutzt. Die Motorleistungen betragen 185 PS und 105 PS. In der jeweiligen Endstellung der Schaltwalze wird über einen Hilfskontakt ein Schütz zum Einschalten gebracht, das den Anlasser kurzschließt und den voll angelassenen Motor unmittelbar an das Betriebsnetz legt. Das Einschalten des Schützes wird durch eine Meldelampe angezeigt; es bleibt durch einen Selbsthaltekontakt beim Rückbewegen der Schaltwalze in die Nullstellung eingeschaltet und hält den Motor in Betrieb. Anlaßvorgang und Betriebszustand des Motors können durch Stromzeiger überwacht werden. Das Abschalten eines Motors geschieht durch einen Druckknopf, der das Schütz zum Abfallen bringt. Werden zum Erhöhen der Motordrehzahl Nebenschlußregler verlangt, so können diese mit in das Anlassergehäuse eingebaut werden.

Mehrfach-Anlaßgeräte für viele Motoren

Für das Anlassen einer beliebigen Anzahl von Motoren dient eine Anlaßeinrichtung, die mit nur einem Selbstanlasser arbeitet, und bei der jeder Motor

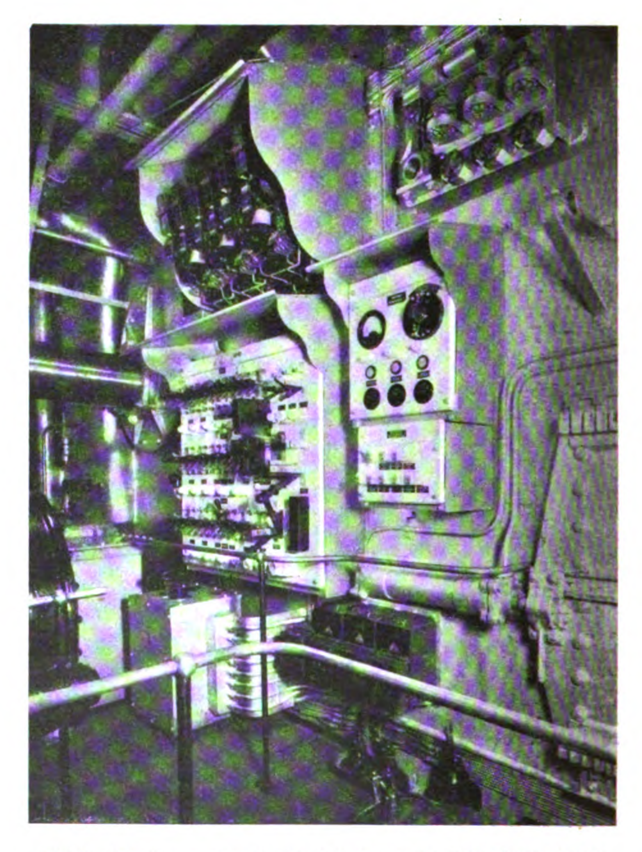


Bild 3. Anordnung eines Dreifach-Anlassers für Verdichtermotoren im Kühlmaschinenraum

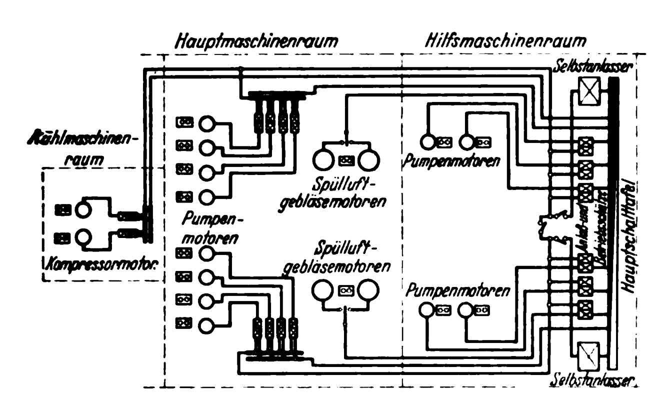


Bild 4. Grundschaltung der Mehrfach-Anlaßeinrichtung.

durch Druckknopfbetätigung über ein ihm zugeordnetes Anlaßschütz angelassen und über ein Betriebsschütz auf das Betriebsnetz geschaltet wird[2]) (Bild 4). Es sind zwei Selbstanlasser vorhanden, von denen je einer auf jeder Seite der Hauptschalttafel angeordnet ist. Im normalen Betrieb dient der eine für das Anlassen aller auf der Steuerbordseite und der andere für das Anlassen aller auf der Backbordseite des Maschinenraumes angeordneten Motoren. Die Schaltung ist jedoch so getroffen, daß jeder Selbstanlasser auch für alle Motoren benutzt werden kann. Der Größenunterschied der angeschlossenen Motoren ist bedeutend: Die kleinsten Motoren haben 30 PS, die größten 330 PS Leistung.

Bild 5 zeigt einen der beiden Mehrfach-Selbstanlasser mit der Kontaktbahn, dem Bürstenarm und dem motorischen Antrieb. Bild 6 gibt die Schaltung der Anlage wieder, die folgendermaßen wirkt: Beim Drücken des „Ein"-Druckknopfes erhält die Zugspule des Anlaßschützes von P_1 über den in der Nullstellung des Anlassers geschlossenen Hilfsschalter K_1 Strom. Minusseitig verläuft der Stromkreis von der Zugspule über den in der Ausschaltstellung des Betriebsschützes geschlossenen Hilfskontakt *AS*, über die Überstromauslösung und den „Aus"-Druckknopf zum Schiffskörper als Minus (Gleichstrom 220 V bei einpoliger Leitungsanlage nach HNA). Durch Einschalten des Anlaßschützes wird der anzulassende Motor unter Vorschaltung des Anlaßwiderstandes vom Selbstanlasser mit dem Bordnetz verbunden. Der Selbstanlasser wird durch einen Hilfsmotor *HM* angetrieben, der den Kontaktbürstenarm dreht und die Stufen des Anlaßwiderstandes nacheinander kurzschließt. Das Anlaufen des Hilfsmotors geschieht, nachdem das Anlaßschütz angezogen hat und der Hilfskontakt *WM* geschlossen ist. Dieser Hilfskontakt bringt das Hilfsrelais HR des Selbstanlassers zum Anziehen, das über seine oberen Kontakte und den Hilfsschalter K_2 den Hilfsmotor einschaltet, der den Kontaktbürstenarm über die Kontaktbahn bewegt, so daß der anzulassende Motor durch das nacheinander erfolgende Abschalten der Widerstandsstufen angelassen wird. In der Endstellung der Kontaktbahn, wenn also der gesamte Anlaßwiderstand kurzgeschlossen ist, wird der Hilfsschalter K_2 geöffnet, der ein Stehenbleiben des Hilfsmotors verursacht; gleichzeitig schließt der mit der Antriebswelle des Kontaktbürstenarmes gekuppelte Hilfsschalter T_2 einen Stromkreis, der bei dem Hilfsschalter K_1 von der positiven Anschlußleitung P_1 abzweigt und über die Klemme *12* und den Hilfskontakt des Anlaßschützes *BS* zur Zugspule des Betriebsschützes führt, so daß dieses einschaltet und den voll angelassenen Motor unmittelbar mit dem Bordnetz verbindet. Infolge Unterbrechens der negativen Leitung vom Anlaßschütz durch die Hilfskontakte *AS* am Betriebsschütz fällt das Anlaßschütz ab. Dieses hat seine

[2]) ETZ 29 (1935) S. 809; 41 (1933) S. 1010; 35 (1938) S. 946.

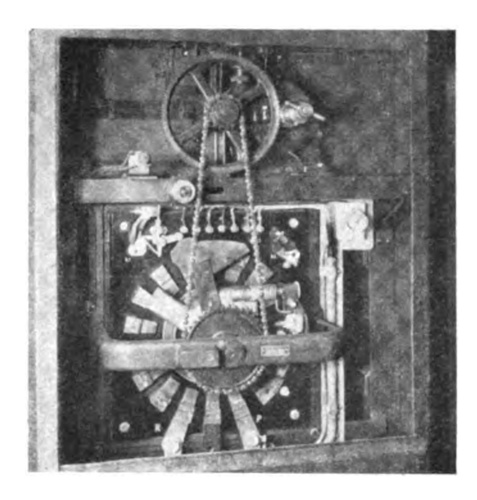


Bild 5. Mehrfach-Selbstanlasser mit Kontaktbahn, Bürstenarm und motorischem Antrieb.

Arbeit hinsichtlich des anzulassenden Motors erfüllt und ist vom Betriebsschütz abgelöst.

Das Ausschalten des Anlaßschützes zieht auch durch das Öffnen der Hilfskontakte *WM* das Abfallen des Hilfsrelais nach sich. Das Hilfsrelais besitzt zwei Ruhekontakte *RL*, über die ein Stromkreis zum Hilfsmotor führt. Dieser Stromkreis wird durch den Hilfsschalter T_1 beherrscht, der nur in der Nullstellung des Anlasserarmes geöffnet ist. Der Hilfsmotor wird durch das Schließen der beiden Hilfskontakte *RL* von neuem eingeschaltet und dreht den Anlasserarm so lange, bis er in der Nullstellung des Anlassers angelangt ist, und der Hilfsmotor durch Öffnen des Hilfsschalters T_1 abgeschaltet wird. Jetzt ist die Einrichtung für das Anlassen eines weiteren Motors frei. Der Hilfsschalter K_1 ist nur in der Nullstellung des Anlassers geschlossen, in den anderen Stellungen jedoch geöffnet; hierdurch wird das gleichzeitige Anlassen anderer Motoren unterbunden.

Das Stillsetzen eines laufenden Motors geschieht durch Drücken auf den „Aus"-Druckknopf, der den Haltestromkreis des Betriebsschützes minusseitig unterbricht, so daß das Schütz abfällt und den Motor vom Netz trennt. Da dieser Stromkreis, an dem minusseitig auch die Zugspule des Anlaßschützes liegt, über die Überstromauslösung geführt ist, wird der Motor sowohl während des Anlassens als auch im Betriebszustand sofort abgeschaltet, wenn er überlastet wird.

Zum Überwachen des Anlaßvorganges sind Schaulampen vorgesehen. Bei jedem Anlaßschütz befindet sich eine Lampe *LL*, die leuchtet, solange der Selbstanlasser in Betrieb ist, während die am Hilfsschalter T_3 liegende Lampe *SL* das Beendigen des Anlaßvorganges anzeigt. Bei Motoren größerer Leistung mit Drehzahlregelung wird die Steuerleitung des Anlaßschützes über einen Hilfskontakt am Nebenschlußregler als Verriegelungskontakt geführt und erreicht, daß sich der Motor nur anlassen läßt, wenn das Feld voll eingeschaltet ist. Durch Verwenden zweipoliger Schütze mit Blaswirkung wurde ein einwandfreies Schalten des Nebenschlußfeldes erreicht.

Anpaßbarkeit der Mehrfach-Anlasser

Damit bei Motoren von sehr unterschiedlicher Leistung die größeren unter ihnen ohne unzulässig hohe Stromspitzen anlaufen, ist es entweder nötig, genau wie beim Anlassen mit Einzelanlassern die Anlaßdauer für jeden Motor seiner Leistung bzw. der Größe der zu beschleunigenden Massen anzupassen oder aber für alle Motoren eine Anlaßzeit einheitlich zu wählen, die auch für die größten von ihnen ausreicht. Für den Fall, daß

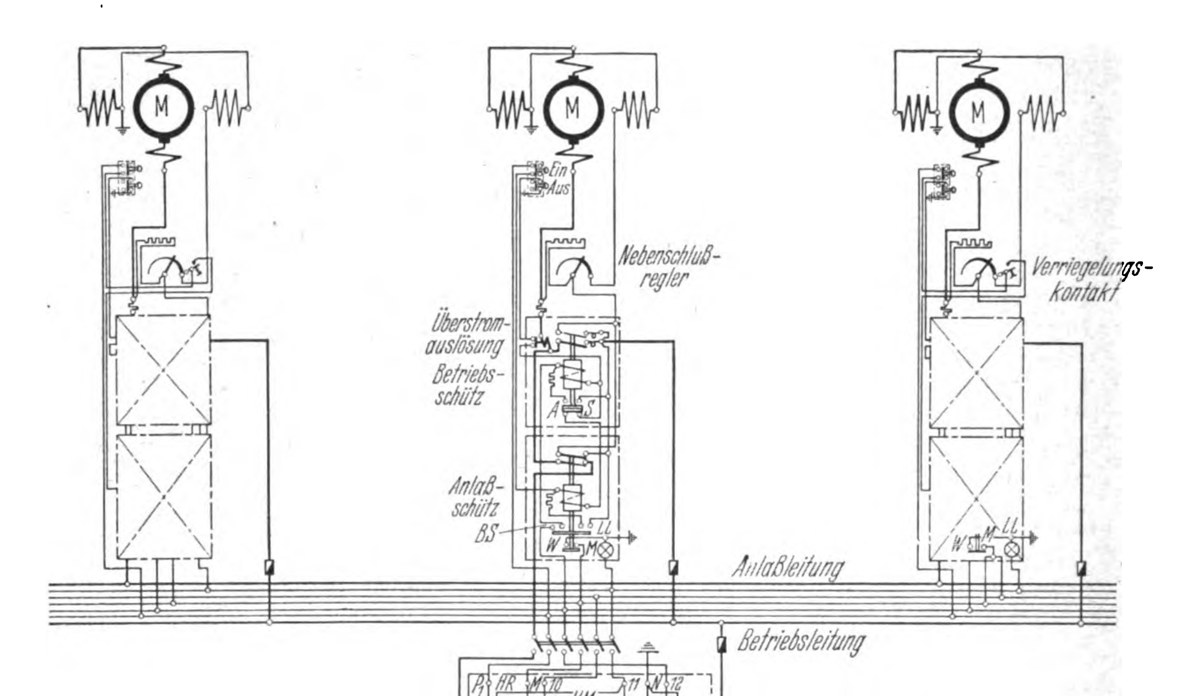


Bild 6. Schaltbild einer Mehrfach-Anlaßeinrichtung.

man mit einer längeren und einer kürzeren Anlaßzeit auskommt, läßt sich das selbsttätige Einstellen der Anlaßzeit dadurch erreichen, daß durch das Anlaßschütz der größeren Motoren ein Widerstand parallel zum Anker des mit einem Vorwiderstand versehenen Selbstanlasser-Hilfsmotors eingeschaltet wird. In der Schaltung Bild 6 ist dies bei dem rechts dargestellten Motor ersichtlich. In dem ihm zugeordneten Anlaßschütz übernimmt der Hilfskontakt *WM* die Aufgabe, minusseitig den Stromkreis nicht nur für das Hilfsrelais im Selbstanlasser, sondern auch für den Widerstand *W* zu schließen. Im vorliegenden Fall beträgt die Anlaßzeit der größeren Motoren 40 s, die der kleineren 20 s.

Soll die Anlaßgeschwindigkeit für jeden Motor besonders bemessen sein, so kann dies dadurch erreicht werden, daß als Hilfsmotor ein Hauptstrommotor mit einer Hilfsnebenschlußwicklung verwendet wird. Die Erregung der Hilfsnebenschlußwicklung geschieht dann über Hilfskontakte an den Anlaßschützen. In den Anschlußleitungen sind außerdem Erregerwiderstände vorgesehen, die je nach der verlangten Anlaßdauer verschieden eingestellt werden. Bei den großen Motoren, die langsamer angelassen werden müssen, wird dann das Hilfsnebenschlußfeld eingeschaltet bzw. verstärkt, wodurch die Drehzahl des Hilfsmotors herabgesetzt wird. Bei kleineren Motoren dagegen werden die Erregerwiderstände so eingestellt, daß sie das Hilfsnebenschlußfeld schwächen, so daß der Hilfsmotor entsprechend schneller läuft und die Anlaßzeit verkürzt. Auch läßt sich die jeweils auftretende Anlaufstromstärke des anzulassenden Motors selbst zum Regeln der Drehzahl des Hilfsmotors heranziehen, indem der Hilfsmotor mit einer Hilfswicklung versehen wird, die vom Anlaufstrom bzw. von einem Teilstrom des anzulassenden Motors durchflossen wird und das Nebenschlußfeld des Hilfsmotors verstärkend beeinflußt, so daß seine Drehzahl mit wachsendem Ankerstrom des anzulassenden Motors absinkt. Dann regelt sich die Zeitdauer des Anlaßvorganges selbsttätig in Abhängigkeit von der Ankerstromstärke des anzulassenden Motors.

Zur Sicherung für den Fall, daß durch Auftreten einer Störung der Hilfsmotor während des Anlassens auf halbem Wege stehen bleibt, wurde eine Vorrichtung geschaffen, die es ermöglicht, den Hilfsmotor durch einen einfachen Handgriff auszukuppeln. Diese Einrichtung ist in Bild 5 rechts neben dem oberen Zahnrad ersichtlich. Durch Handbetätigen kann dann der Kontaktbürstenarm bis in die Endstellung gebracht werden, auf der der anzulassende Motor an das Betriebsnetz geschaltet wird. Für den Weiterbetrieb der Einrichtung wird dann der zweite Selbstanlasser benutzt.

Die Größe des gemeinsamen Selbstanlassers wird durch die Leistung des größten jeweils vorhandenen Motors unter Berücksichtigung der gesteigerten Anlaßzeit, Anlaßzahl und Anlaßhäufigkeit bestimmt. Der Anlaßwiderstand wird außerdem derart bemessen, daß die Anfangsstufen für die kleineren und die übrigen Stufen für die größeren Motoren wirksam sind.

Anlaßgeräte mit Anlaßdynamo

Sind Motoren besonders großer Leistung vorhanden, so kann der Selbstanlasser auch durch eine mit einem Antriebsmotor versehene Anlaßdynamo ersetzt werden. Der anzulassende Motor wird dann durch das Anlaßschütz mit dieser Dynamo verbunden. Durch selbsttätiges Regeln ihres Nebenschlußfeldes wird der Motor bis zur vollen Netzspannung hochgefahren und hierauf durch das Betriebsschütz auf das Bordnetz geschaltet. Zu diesem Zweck lassen sich gegebenenfalls die Reserveaggregate der für die Steuerung von Ankerwinden und Heckspills vorhandenen Leonardumformer ausnutzen. Die Anlaßdynamo kann auch der Netzspannung entgegengeschaltet sein, und ihre Gegenspannung kann zum Anlassen des Motors allmählich herabgesetzt werden.

Bei der Anlaßeinrichtung nach Bild 6 sind die Selbstanlasser nach den Motoren für die Spülluftgebläse bemessen, die für den Betrieb der Hauptmotoren (Zweitakt-Ölmotoren) vorhanden sind. Jedes dieser Gebläse ist mit zwei Motoren von je 165/330 PS ausgerüstet, von denen einer ständig in Bereitschaft steht. Durch Nebenschlußregelung wird die Drehzahl der Motoren von 1900 U/min auf 2670 U/min erhöht. Die Spülluftfördermenge wird nun in Abhängigkeit von der Drehzahl, mit der jeweils die Hauptmotoren laufen, selbsttätig dadurch geregelt, daß die Nebenschlußregler der Gebläsemotoren durch Motoren angetrieben werden, die von Schaltwalzen gesteuert werden, die mit den Fahrtstufenreglern der Hauptmotoren gekuppelt sind. Daher entspricht jede Stellung des Fahrtstufenreglers einer bestimmten Einstellung des Neben-

schlußreglers, so daß sich stets die für die Förderung der erforderlichen Spülluftmenge nötige Drehzahl des Gebläsemotors selbsttätig einstellt.

Anlaßtafeln für viele kleinere Motoren

Auch für das Anlassen von kleineren Motoren, wie sie außer im Maschinenraum besonders zum Antrieb der zahlreichen, über das ganze Schiff verteilten Lüftermotoren vorhanden sind, ist der Grundsatz der Verwendung eines einzigen Anlassers für eine größere Anzahl von Motoren durchgeführt. Zu diesem Zwecke ist im Bereich jeder Motorengruppe eine sogenannte Anlaßtafel vorhanden, an der das Anlassen der einzelnen Motoren mittels eines handbetätigten Umschalters und eines gemeinsamen Selbstanlassers vorgenommen wird.

Bild 7 zeigt eine solche Anlaßtafel für fünfzehn angeschlossene Motoren mit den Umschaltern und dem Selbstanlasser. Zum Anlassen eines beliebigen Motors wird der zugehörige Umschalter in die untere Schaltstellung auf „Anlassen" gelegt. In dieser Stellung des Umschalters ist abzuwarten, bis der Selbstanlasser, dessen Zugspule durch den Umschalter eingeschaltet worden ist, seine Endstellung, auf der der Motor voll angelassen ist, erreicht hat, was durch Aufleuchten einer Meldelampe angezeigt wird. Hierauf kann der Motor durch Umlegen des Schalters in die obere Schaltstellung auf „Betrieb" direkt mit dem Netz verbunden werden; der Selbstanlasser wird bei Umlegen des Schalters abgeschaltet und ist für das Anlassen weiterer Motoren verwendungsbereit. Zum Ausschalten eines Motors wird nur der zugehörige Hebelumschalter in die Nullstellung (Mittelstellung) zurückgelegt. Die verwendeten Hebelumschalter lassen sich nur dann in die Betriebsstellung umlegen, wenn der Anlaßvorgang beendet ist; außerdem geschieht das Umschalten des Motors von der Anlaßleitung auf das Betriebsnetz ohne Unterbrechung. Auf der abgebildeten Tafel ist rechts oben ein Nullspannungsschalter zu sehen; er hat die Aufgabe, die Motorengruppe im Falle des Spannungsrückganges vom Bordnetz zu trennen.

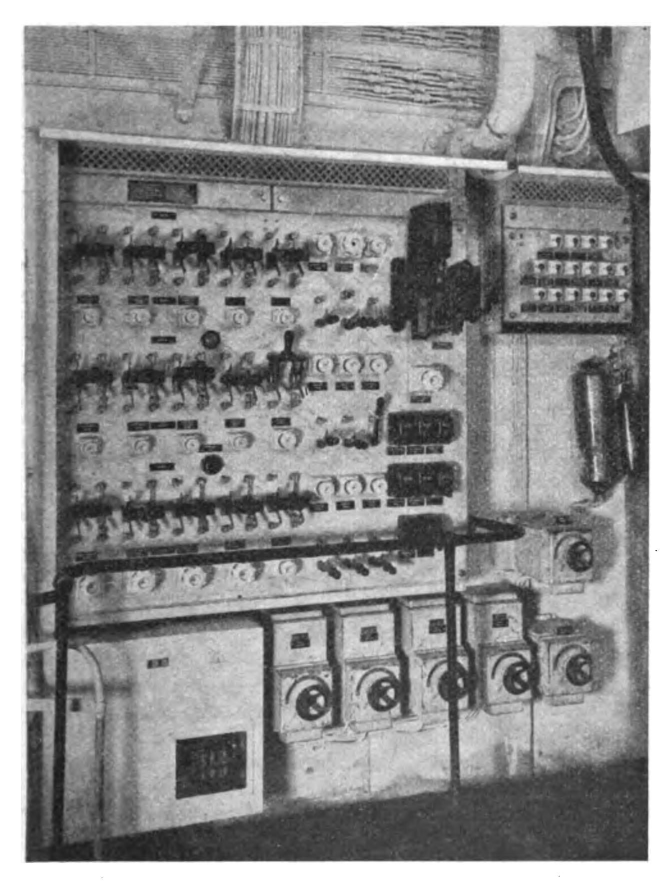


Bild 7. Mehrfach-Anlaßtafel für Motoren kleinerer Leistung.

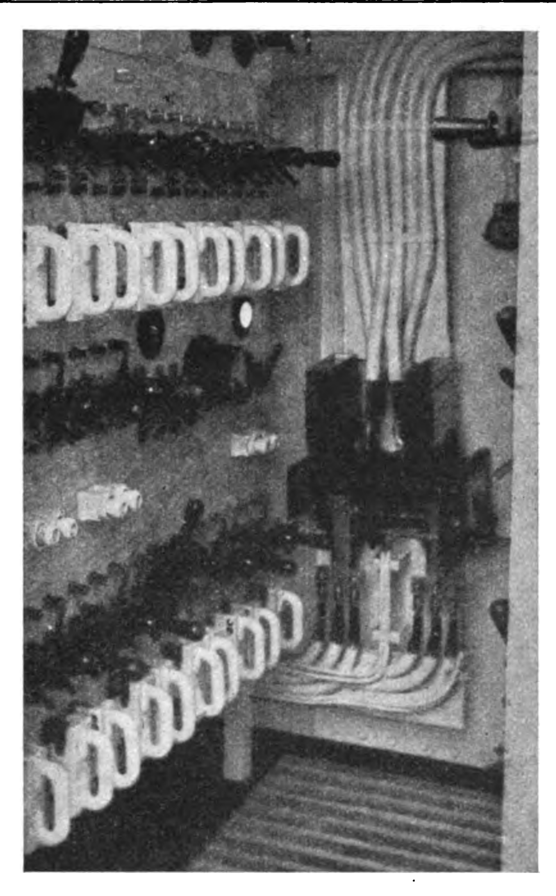


Bild 8. Schaltraum mit Mehrfach-Anlaßtafeln für Lüftermotoren auf M. S. „Boissevain".

Die Tropenfahrt der Schiffe erfordert ein häufiges An- und Abstellen der auf den oberen Decks verteilten Lüftermotoren. Aus Gründen der Zeit- und Arbeitsersparnis kann dann die Schaltung so eingerichtet werden, daß mehrere Lüftermotoren gleichzeitig angelassen werden. Bei dieser Schaltungsweise legt man alle gleichzeitig anzulassenden Lüftermotoren auf „Anlassen", betätigt den Anlasser und schaltet danach die Motoren einzeln auf die Betriebsleitung um. Mit dem Umschalten des letzten Motors fällt dann der Anlasser in seine Ausgangsstellung zurück.

Ebenso wie das gleichzeitige Anlassen der Lüftermotoren ist das gleichzeitige Abstellen eine aus dem Bordbetrieb sich ergebende Forderung, und zwar im Zusammenhang mit der Sicherheit des Schiffes für den Fall eines Feuers. Bei Ausbruch eines Feuers ist es nötig, im weiteren Bereich des Brandherdes jeden unnötigen Luftzug zu vermeiden, durch den das Feuer noch mehr entfacht werden könnte. Um deshalb die Lüfter im Augenblick der Entdeckung des Feuers sofort abstellen zu können, ist die Spannungsspule des Nullspannungsschützes auf den Anlaßtafeln der Lüftermotoren mit den Druckknöpfen der Feuermelder verbunden, so daß beim Drücken des Feuermelde-Druckknopfes der Stromkreis der Nullspannungsspule kurzgeschlossen und infolgedessen die Lüfter der ganzen Gruppe auf einmal sofort abgeschaltet werden.

Auf den Anlaßtafeln für das holländische Fahrgastschiff „Boissevain", dessen Anlage entsprechend den Vorschriften zweipolig ausgeführt werden mußte, wurde noch eine Verriegelung vorgesehen, die sicherstellt, daß ein Wiedereinschalten des durch Spannungsrückgang ausgefallenen Nullspannungsschützes nicht eher möglich ist, als bis alle Motoren tatsächlich durch Ausschalten ihrer Umschalter vom Netz getrennt sind. Bild 8 zeigt eine

der Anlaßschaltstellen für Lüftermotoren, in der zu beiden Seiten des Raumes eine Anlaßtafel mit Griffsicherungen angeordnet ist; in der Mitte ist der zweipolige Nullspannungsschalter erkenntlich.

Ausführung von Mehrfach-Fernanlaßeinrichtungen für Lüftermotoren

Auf größeren Fahrgastschiffen war es üblich, die Anlaß- und Regelgeräte für die in großer Zahl auf den Oberdecks verteilten Lüftermotoren in besondere Schaltstellen zusammenzufassen; als Anlasser wurden dabei Selbstanlasser verwendet. Die Bedienungsdruckknöpfe der Selbstanlasser sämtlicher Lüftermotoren wurden in einer Zentralstelle auf der Lüfterbedienungstafel im Haupt- oder Hilfsmaschinenraum zusammengefaßt, von wo aus dann das An- bzw. Abstellen der einzelnen Lüfter je nach den vorliegenden Bedürfnissen stattfand. Auch diese Einrichtung hat nach den neuen Entwicklungsgesichtspunkten eine neuzeitliche Gestaltung derart erfahren, daß für alle zu einer Gruppe zusammengefaßten Lüftermotoren ein gemeinsamer, ferngesteuerter Selbstanlasser verwendet wird und jedem Motor ein Umschaltschütz zugeordnet ist.

Bild 9 gibt die Schaltung der Anlage wieder. Das Anlassen eines Motors geschieht, indem nach Drücken des „Ein“-Druckknopfes der untere Schaltarm des Schützes in seine Schaltstellung gezogen wird, der den Motor an den Selbstanlasser legt. Gleichzeitig wird hierbei die Zugspule des Magnetanlassers erregt und der Motor angelassen. Nach Kurzschließen der Widerstände und bei vollangelassenem Motor wird durch Schließen des Hilfskontaktes *US* der obere Schaltarm des Schützes in seine Schaltstellung gezogen, wobei der untere Schaltarm ausschaltet. Der angelassene Motor wird dadurch von der Anlaßleitung auf das Netz umgeschaltet; hierauf kann der Selbstanlasser für das Anlassen weiterer Motoren verwendet werden. Wie erkenntlich ist, werden ebenfalls die Regelung der Motorumdrehungen und das Abstellen des Motors an der Anlaßtafel vorgenommen. Eine Meldelampe läßt den Betriebszustand des Motors erkennen.

Sind die Motoren in ihrer Leistungsgröße derart unterschiedlich, daß abgestimmte Anlaßzeiten notwendig sind, so kann dies erreicht werden, indem der Zugmagnet mit einer zusätzlichen Hilfswicklung versehen wird, die vom Ankerstrom des anzulassenden Motors durchflossen wird. Die Hilfswicklung muß dann der Hauptwicklung entgegenwirken, damit mit wachsendem Ankerstrom ein Verlangsamen des Anlaßvorganges eintritt.

Der Selbstanlasser, die Anlaßwiderstände und die Umschaltschützen für solche Einrichtungen sind auf einem gemeinsamen Gerüst aufgebaut. Um ein schnelles Auswechseln des Selbstanlassers oder der Anlaßwiderstände im Falle einer Störung vornehmen zu können, werden entweder von Hand zu bedienende Umschaltmöglichkeiten auf einen zweiten Reserve-Selbstanlasser und Fernanlaßwiderstand benutzt, oder ihre Anschlüsse für die Verbindungsleitungen werden durch Schaltmesser und Klemmfedern ersetzt. Zur Verbindung mit den Anschlußleitungen werden diese dann beim Befestigen der Schaltgeräte mittels Klappriegel auf dem Grundrahmen in Eingriff gebracht. Bild 10 zeigt ein derartiges Schaltwerkgerüst.

Vorteile und Besonderheiten der Mehrfach-Anlasser auf Schiffen

Welche Vorteile durch diese Art der Mehrfach-Anlaßeinrichtung erzielt werden, erkennt man daran, daß Schiffe von der Größe wie die „Europa“ mit etwa 150 Lüftermotoren an Stelle eines Selbstanlassers für jeden Lüftermotor nur 10 Mehrfach-Anlasser erhalten würden.

Auch für Ladewinden und Ladekräne mit mechanischen Regelgetrieben und durchlaufenden Motoren, wie sie z. B. auf dem Schnelldampfer „Potsdam“ eingebaut sind, wurden Mehrfach-Anlaßeinrichtungen, die den vorbeschriebenen ähneln, angewendet. Der hierfür entwickelte und in jeder Ladewinde eingebaute Anlaßschalter arbeitet insofern selbsttätig, als er nur durch einen von außen zu bedienenden Hebel eingeschaltet wird. Hierdurch wird der untere Schaltarm des Anlaßschalters in die Anlaßstellung gelegt und der Motor über einen Anlaßwiderstand mit der Anlaßleitung verbunden. Mit Einlegen des Schaltarmes wird die Zugspule eines mit einer Zeitverzögerung versehenen Schützes erregt, das nach Ablauf der eingestellten Zeit, nach der der Motor voll angelassen ist, den Anlaßwiderstand kurzschließt. Gleichzeitig wird eine Sperrung, die einen zweiten unteren Schaltarm gegen die Wirkung einer Feder gespannt hält, elektromagnetisch gelöst, so daß dieser Schaltarm jetzt den Motor selbsttätig von der Anlaßleitung auf die Betriebsleitung umschaltet. In gleicher Weise werden die weiteren Motoren angelassen.

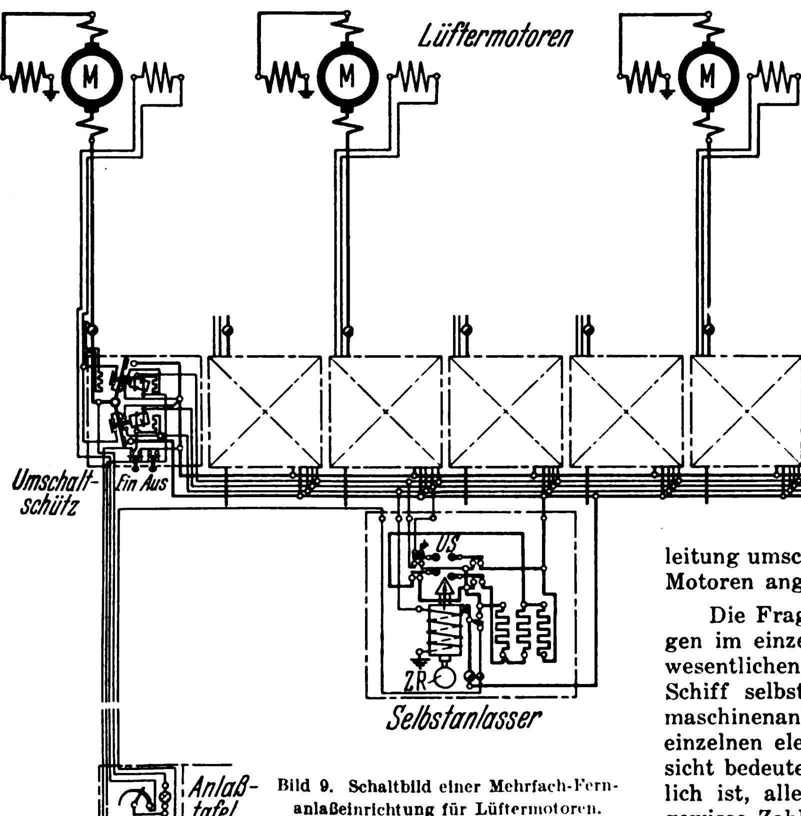


Bild 9. Schaltbild einer Mehrfach-Fernanlaßeinrichtung für Lüftermotoren.

Die Frage, welche von den beschriebenen Einrichtungen im einzelnen Falle anzuwenden sein wird, hängt im wesentlichen von dem Verwendungszweck, für den das Schiff selbst bestimmt ist, von der Art seiner Hauptmaschinenanlage und von der räumlichen Verteilung der einzelnen elektrischen Antriebe ab. In betrieblicher Hinsicht bedeutet es keine Erschwerung, wenn es nicht möglich ist, alle Hilfsmaschinen oder doch wenigstens eine gewisse Zahl von ihnen zu gleicher Zeit anzulassen. Die Verhältnisse an Bord der Schiffe liegen so, daß die Forderung nach gleichzeitigem Anlassen mehrerer Hilfs-

maschinen nicht gestellt wird. Das Ansetzen des Hauptmaschinenbetriebes geschieht schon aus inneren betrieblichen Gründen in zeitlicher Folge, weil die Hilfsmaschinen zu ganz verschiedenen Zeiten angestellt werden; es wäre normalerweise auch nicht genug Personal dafür vorhanden, mehrere wichtige Hilfsmaschinen zu gleicher Zeit anzulassen.

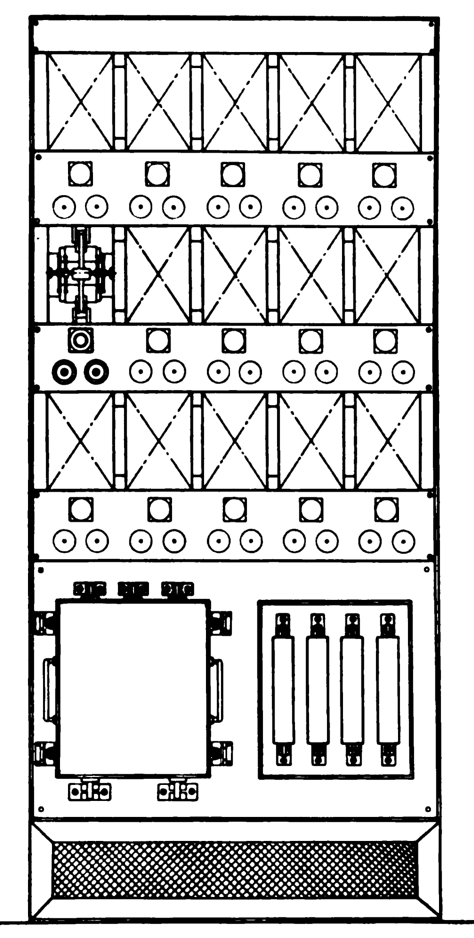


Bild 10. Schaltwerkgerüst für eine Mehrfach-Fernanlaßeinrichtung von Lüftermotoren.

Die Kostenfrage wird durch die erzielbaren betriebstechnischen Vorteile in den meisten Fällen zugunsten der Mehrfach-Anlaßeinrichtungen von Einfluß sein. Bei dem gegenüber gewöhnlichen Handanlassern bedingten höheren Preis ist gebührend zu berücksichtigen, daß sich der durch die Einrichtungen erzielte Platz- und Gewichtsgewinn mittelbar verbilligend auswirkt; gegenüber Selbstanlassern ist der Preis der Einrichtungen sogar beinahe um die Hälfte billiger. Weiterhin wird der erforderliche Umfang der Reserveteile wesentlich eingeschränkt. Der durch die Einrichtungen erzielte Fortschritt, der in der Ersparnis an Raum und Gewicht, der Zusammenfassung einzelner Steuervorgänge und der Beschränkung von Bedienungsvorgängen auf ein Mindestmaß besteht, hat dazu geführt, daß sie sich für Bordzwecke schnell eingebürgert haben. Nicht zuletzt haben sie im Zusammenwirken mit den raumsparenden Bauformen der Pumpen, die mit ihrem senkrecht über der Pumpe angeordneten und mit der Pumpenwelle direkt verbundenen Antriebsmotor zusammen eine konstruktive Einheit bilden, das Streben unterstützt, neuartige Raumaufteilungs- und Gestaltungsmöglichkeiten für die Hauptmaschinenanlage anzuwenden.

Zusammenfassung

Die gedrängten Raumverhältnisse auf Schiffen fordern für die elektrischen Ausrüstungen raum- und platzsparende Bauformen. Der Aufsatz hat gezeigt, in welcher Weise man diese Forderung für die Anlaßgeräte von den zahlreichen Hilfsmaschinen durch die Entwicklung von sogenannten Mehrfach-Anlaßeinrichtungen, bei denen statt der Einzelanlasser nur ein einziges Anlaßorgan für mehrere Motoren vorhanden ist, erfüllt hat.

Die beschriebenen Mehrfachanlaßeinrichtungen sind von der Werft Blohm & Voß zur Vervollkommnung der von ihr erbauten Schiffe entwickelt und von den einschlägigen Firmen der Elektroindustrie hergestellt worden.

Ein elektrisch-pneumatischer Regler mit lichtelektrischer Kompensation

Von Erich Weis, Leuna

DK 621.3.077 : 621.317.39

Übersicht. Auf dem Gebiet der Stand- und Temperaturregelung traten zuweilen Fälle auf, die nur schwer mit den vorhandenen Reglern zu lösen waren. Daher wurde der im folgenden beschriebene elektrisch-pneumatische Regler entwickelt, der es ermöglicht, die Neigung der Kennlinie schnell und rasch den Eigenschaften der zu regelnden Anlage anzupassen. Damit dürfte eine fühlbare Lücke auf dem Gebiet der selbsttätigen Regler geschlossen sein.

Einleitung

In der Meßtechnik geht man mehr und mehr dazu über, nicht nur elektrische Größen, sondern auch andere Zustands- und Mengengrößen entweder elektrisch zu messen oder mechanisch gemessene Werte in elektrische umzuformen. Am häufigsten ist dies auf dem Gebiet der Temperaturmessung der Fall, aber auch Druck- und Standmessungen, selbst Längenmessungen werden zunehmend auf die elektrische Meßtechnik zurückgeführt[1]). Daher tritt für selbsttätige Regler häufig die Aufgabe auf, nach den Angaben eines elektrischen Meßgerätes eine bestimmte Menge oder einen Zustand zu regeln.

Allgemein bekannt sind elektrische Temperaturregler, die z. B. mit einem Fallbügel-Kontaktgalvanometer ein elektrisch angetriebenes Regelglied betätigen. Da es sich bei Temperaturregelungen meist um langsam verlaufende Zustandsänderungen handelt, genügt in der Praxis normalerweise die große Schlußzeit derartiger Fallbügelregler, die durch das intermittierende Arbeiten der Kontaktgalvanometer bedingt ist. Sobald man aber die Aufgabe hat, einen elektrisch gemessenen Flüssigkeitsstand in einer Anlage mit geringem Volumen und großem Durchsatz, also mit kleiner Anlaufzeit, konstant zu halten, genügt die geringe unveränderliche Verstellgeschwindigkeit derartiger Fallbügelregler nicht mehr. Auf dem Gebiet der selbsttätigen Regeltechnik in chemischen Betrieben, insbesondere in den Anlagen der Hochdruckhydrierung, trat in den letzten Jahren häufig das Bedürfnis nach einem elektrischen Regler mit großer, der Abweichung vom Sollwert proportionaler Verstellgeschwindigkeit auf. Hierfür wurde der im folgenden beschriebene elektrisch-pneumatische Regler entwickelt, der alle Aufgaben der Praxis, die an ihn gestellt wurden, vollkommen gelöst hat. Er vereinigt in sich die Vorteile der elektrischen und pneumatischen Regler. Von ersteren wurden ihm die gesteigerte Genauigkeit der elektrischen Feinmessung und die weitgehende Ortsunabhängigkeit der einzelnen Bauelemente gegeben. Von den pneumatischen

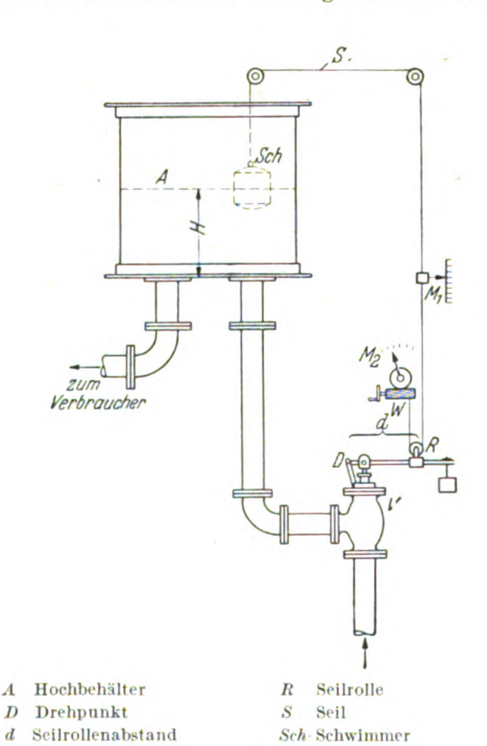
[1]) Vgl. P. Pflier, Elektrische Messung mechanischer Größen, Jul. Springer, Berlin 1940.

Reglern übernahm er die große, der Abweichung vom Sollwert verhältnisgleiche Verstellgeschwindigkeit des Regelgliedes und den einfachen konstruktiven Aufbau des Membranventils. Als Nachteil benötigt der Regler Strom und Preßluft als Hilfsenergien. Doch sind in den chemischen Werken stets beide Energiequellen mit großer Betriebssicherheit vorhanden, so daß dieser Nachteil in der Praxis kaum in Erscheinung tritt.

Regleranforderungen bei schnellen Zustandsänderungen und Grundprinzip

Bevor auf die Arbeitsweise des elektrisch-pneumatischen Reglers eingegangen wird, seien kurz an einem leicht verständlichen Beispiel der Regeltechnik die Hauptforderungen abgeleitet, die an einen Regler für Regelstrecken mit schnellen Zustandsänderungen oder geringem Selbstausgleich gestellt werden müssen. Zu diesem Zweck sei das Beispiel einer einfachen Wasserhaltungsanlage mit Schwimmersteuerung gewählt (Bild 1). Ein Hochbehälter *A* wird über das Regelventil *V* von einer Fliehkraftpumpe mit Wasser beliefert. An den Behälter sind beliebig viele Verbraucher angeschlossen. Der Wasserstand *H* im Hochbehälter *A* soll konstant gehalten werden. Zu diesem Zweck ist ein Schwimmer *Sch* eingebaut, der mittels des Seiles *S* das Ventil *V* betätigt. Man sieht aus der Zeichnung, daß bei sinkendem Wasserstand das Ventil *V* geöffnet, bei steigendem Wasserstand geschlossen wird. Aus diesem einfachen Beispiel können wir das Arbeitsprinzip eines vollwertigen Reglers in seinen Grundgesetzen kennenlernen.

Zuerst soll die Bedeutung der Marken M_1 und M_2 besprochen werden. Die Marke M_1 ist an dem Seil *S* des Schwimmers *Sch* befestigt und zeigt den jeweiligen Istwert des Standes an; die Marke M_2 ist mit der Sollwerteinstellung des Reglers verbunden und gibt den eingestellten Sollwert des Standes an. Die Sollwerteinstellung wird durch Verkürzen oder Verlängern des Seiles *S* mittels der Aufwickelvorrichtung *W* vorgenommen. Die Hauptaufgabe des Reglers besteht darin, den Wasserstand *H* so einzuregeln, daß der angezeigte Istwert des Standes mit dem eingestellten Sollwert übereinstimmt. Wenn man die Arbeitsweise des Reglers näher betrachtet,



A	Hochbehälter	*R*	Seilrolle
D	Drehpunkt	*S*	Seil
d	Seilrollenabstand	*Sch*	Schwimmer
H	Wasserstand	*V*	Ventil
M_1, M_2	Marken	*W*	Aufwickelvorrichtung

Bild 1. Schwimmersteuerung einer einfachen Wasserhaltungsanlage

so sieht man, daß diese voll den Ansprüchen des Betriebes entspricht; denn steigt der Stand schnell an, so schließt das Ventil schnell, steigt der Stand langsam an, schließt das Ventil langsam. Ist die Änderungsgeschwindigkeit des Standes gleich Null, so bleibt auch das Regulierventil in Ruhe, wechselt aber die Änderungsgeschwindigkeit das Vorzeichen, so ändert sich auch sofort die Bewegungsrichtung der Ventilspindel. Dieses Verhalten des Reglers läßt sich kurz in folgenden Worten ausdrücken: In einem bestimmten Gebiet ist jedem Istwert des Standes eine bestimmte Stellung des Regulierventils zugeordnet.

Dies ist eine wichtige Eigenschaft der verbreiteten Gruppe der selbsttätigen Regler mit lastabhängigem Sollwert (Ungleichförmigkeit). Graphisch dargestellt ist dieses Gesetz in Bild 2. Als Abszisse ist die Stellung der Ventilspindel, als Ordinate der Istwert des Standes aufgetragen. Je nach dem Abstand *d* der Seilrolle *R* vom Drehpunkt *D* erhält man eine mehr oder weniger geneigte Gerade, die Kennlinie des Reglers. Die Differenz zwischen dem höchsten und niedrigsten Wert der Kennlinie nennt man die Ungleichförmigkeit des Reglers. Ist diese gleich Null, so spricht man von einem Gleichwertregler. Eine verbreitete Ausführung ist der einfache Fallbügelregler. Derartige Regler neigen zum Pendeln, sobald größere Verstellgeschwindigkeiten auftreten. In der Praxis wählt man die Ungleichförmigkeit, d. h. die Neigung der Kennlinie stets so groß, daß gerade kein Pendeln des Reglers mehr auftritt.

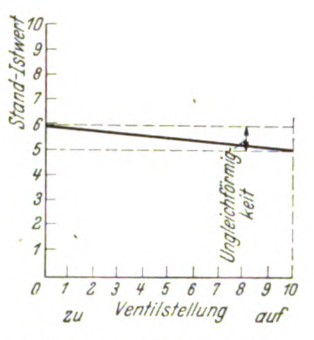


Bild 2. Kennlinie des Reglers.

Man muß daher an einen allseitig verwendbaren Regler die Forderung stellen, daß eine leicht zu verstellende Vorrichtung zum Einstellen der Ungleichförmigkeit vorhanden ist.

Damit haben wir aus dem Beispiel in Bild 1 bereits die beiden Hauptforderungen kennengelernt, die an den Regler gestellt werden müssen: leichte Einstellmöglichkeit des Sollwertes und der Ungleichförmigkeit. Diese Forderungen erfüllt der nachbeschriebene Regler vollkommen, sogar noch eine dritte Bedingung: Er entnimmt dem Meßstromkreis, an den er angeschlossen ist, keinerlei Strom, da er nach dem Verfahren der lichtelektrischen Kompensation arbeitet[2]).

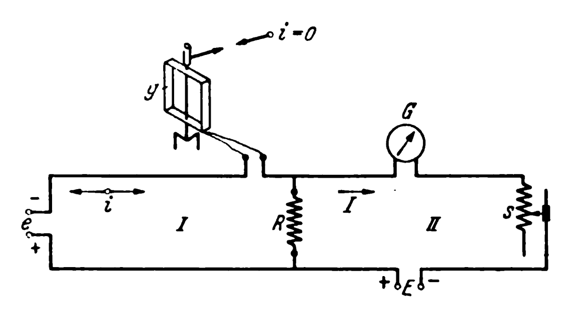
Arbeitsweise der lichtelektrischen Kompensation

Zum besseren Verständnis sei an dieser Stelle die Beschreibung der lichtelektrischen Kompensation eingeflochten, obwohl in der letzten Zeit schon des öfteren darüber berichtet wurde[3]). In Bild 3 ist die sogenannte Lindeck-Rothe-Schaltung dargestellt. Die zu messende Spannung ist mit *e* bezeichnet. Das im Laboratorium angewendete Verfahren besteht nun darin, daß dieser Spannung *e* eine gleichgroße Spannung *IR* entgegengeschaltet wird, die durch den Kompensationsstrom *I* an dem Widerstand *R* erzeugt wird. Der Kompensationsstrom wird einer fremden Stromquelle *E* entnommen und kann mittels des Schiebewiderstandes *S* eingeregelt werden. Als Beobachtungsinstrument für die Gleichheit der Spannungen *e* und *IR* dient ein Drehspulgalvanometer *g*. Da der Widerstand *R* konstant ist, kann der Strommesser *G* unmittelbar in Spannungseinheiten geeicht werden. Die Messung wird dann so vorgenommen,

---

[2]) Hierdurch unterscheidet sich der vorbeschriebene Regler wesentlich von dem kontinuierlichen elektrischen Regler, der von C. Himmler im Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 577 beschrieben wurde.

[3]) Arch. techn. Messen (1938) S. 7932–3; (1939) S. 7912–3; ETZ 61 (1940) S. 193; 62 (1941) H. 21, S. 481; dort weiteres Schrifttum.

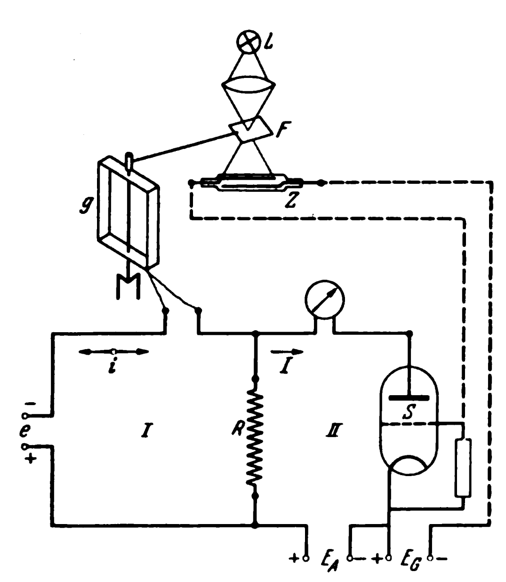


e zu messende Spannung
E fremde Stromquelle
g Drehspulgalvanometer
G Strommesser
I Kompensationsstrom
R Widerstand
S Schiebewiderstand
I, II Stromkreise

Bild 3. Kompensationsschaltung nach Lindeck-Rothe.

daß der Laborant den Schiebewiderstand S so lange verstellt, bis das Nullinstrument g auf den Nullstrich zeigt. Dann gilt $e = I R$.

Diese Schaltung ist in den letzten Jahren automatisiert worden. Die bekannteste Ausführung dürfte die in Bild 4 gezeigte, vom Verfasser im Jahre 1932 entwickelte Schaltung sein. Mit Absicht sind in Bild 4 die einzelnen Schaltelemente ähnlich angeordnet wie in Bild 3. Man erkennt daher sofort, daß die Grundschaltung die gleiche ist. Der Stromkreis I enthält wieder die zu messende Spannungsspule e, das Drehspul-Nullinstrument g und den Kopplungswiderstand R. Dagegen ist im Stromkreis II an die Stelle des Schiebewiderstandes S eine Verstärkerröhre S getreten. Das Auge des Beobachters ist ersetzt durch die Photozelle Z, die von dem Lichtstrahl der Lampe L je nach dem Stand der Sperrfahne F mehr oder weniger beaufschlagt wird. Beim Anlegen der zu messenden Spannung e vollzieht sich folgender Vorgang: Zu Beginn der Messung befindet sich die Sperrfahne F außerhalb des Lichtstromes. Infolgedessen ist die Photozelle Z voll beaufschlagt, und zahlreiche negative Elektronen wandern zu dem Gitter der Röhre S, so daß diese gegenüber der Kathode eine negative Spannung aufweist. Der Anodenstrom der Röhre ist gleich Null. Die angelegte Spannung e erzeugt daher im Stromkreis I einen Strom i, der die Drehspule g so beeinflußt, daß sich die Sperrfahne F in den Lichtstrom hineinbewegt. Hierdurch wird die Photozelle Z verdunkelt, es gelangen weniger Elektronen an das Gitter der Röhre S, die negative Spannung am Gitter sinkt, und der Anodenstrom I steigt an. Dieser erzeugt in dem Widerstand R in bekannter Weise einen Spannungsabfall $I R$, der der Spannung e entgegengeschaltet ist. Schließlich wird die Spannung $I R$ ebenso groß wie e, so daß der Strom i in der Drehspule g Null wird. Der Kompensationsvorgang ist beendet. In der Praxis wird die Fahne F infolge der Massenträgheit der Drehspule meist den Anodenstrom noch etwas übersteuern, wodurch der Steuerstrom i sich umkehrt und die Fahne F zurückbewegt wird. Dieser Einschwingvorgang vollzieht sich in weniger als einer Sekunde. Von nun an wird der Anodenstrom selbsttätig so nachreguliert, daß stets die Bedingung $e = I R$ erfüllt wird. Die Einrichtung ist also unabhängig von Spannungsschwankungen, von den Eigenschaften der Lampe, der Röhre und der Photozelle. Durch Anwenden dieses Meßprinzips ist erreicht, daß der Regler an jedes vorhandene Meßgerät angeschlossen werden kann, ohne dessen Meßstromkreis durch Stromentnahme zu beeinflussen. Der Meßbereich der Kompensationseinrichtung kann bei gegebenem Strommesser beliebig durch die Wahl des Widerstandes R festgelegt werden. Durch diese Eigenschaft wird später die Arbeitsweise des elektrisch-pneumatischen Reglers wesentlich beeinflußt.

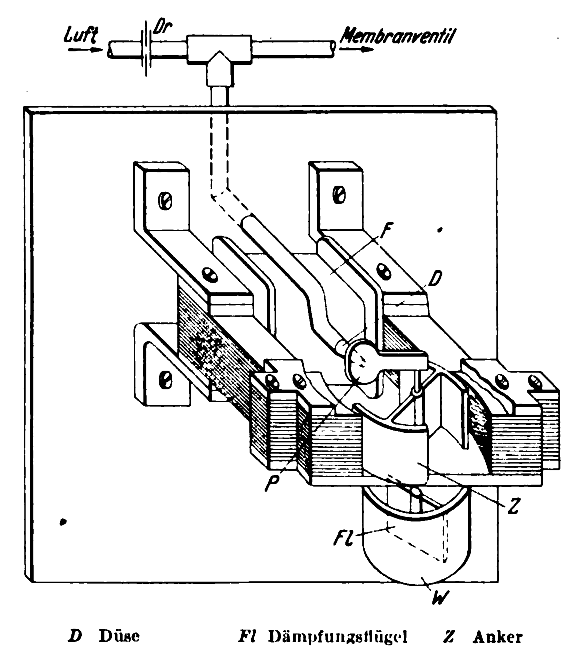


e zu messende Spannung
E_A, E_G fremde Stromquellen
F Sperrfahne
g Drehspulnullinstrument
I Kompensationsstrom
L Lampe
R Kopplungswiderstand
S Verstärkerröhre
Z Photozelle
I, II Stromkreise

Bild 4. Automatisierte lichtelektrische Kompensationsschaltung.

Das elektrisch-pneumatische Relais

Der zweite wichtige Bestandteil des Reglers ist das elektrisch-pneumatische Relais, das den Anodenstrom der Kompensationseinrichtung in Preßluftdruck umwandelt.



D Düse
Dr Vordüse
F Relaisspule
Fl Dämpfungsflügel
P Prallplatte
W Ölgefäß
Z Anker

Bild 5. Elektrisch-pneumatisches Relais.

Nach mancherlei Abwandlungen im Laufe der Jahre erhielt dieses Relais den grundsätzlichen Aufbau von Bild 5. Das steuernde Meßwerk ist ein Z-Ankerrelais. Zur Dämpfung ist ein Ölgefäß W und ein Dämpfungsflügel Fl vorgesehen. Wird die Spule F des Relais von Strom durchflossen, so preßt der Anker Z die Prallplatte P auf die Düse D mit einer Kraft an, die proportional dem Feldstrom ist. Die über die Vordüse Dr durch die Düse D strömende Luft nimmt hierdurch einen Druck an, der so groß ist, daß er der von der Prallplatte ausgeübten Kraft das Gleichgewicht hält. Bild 6 zeigt den Verlauf des Preßluftdruckes in Abhängigkeit von dem Feldstrom des Relais. Interessant ist die Differenz zwischen aufsteigender und absteigender Kurve infolge des remanenten Magnetismus im Relaiseisen. Da aber die Umkehrpunkte, wie namentlich die im Rücklauf erzeugte Zwischenschleife

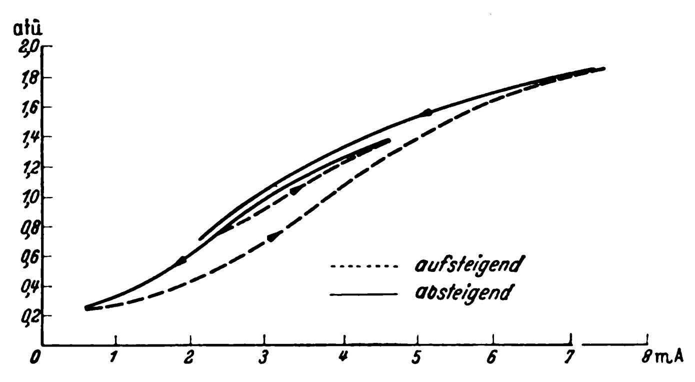


Bild 6. Verlauf des Preßluftdruckes in Abhängigkeit vom Feldstrom des Relais.

zeigt, scharf ausgeprägt sind, wirkt sich dieses Verhalten regeltechnisch nicht schädlich aus.

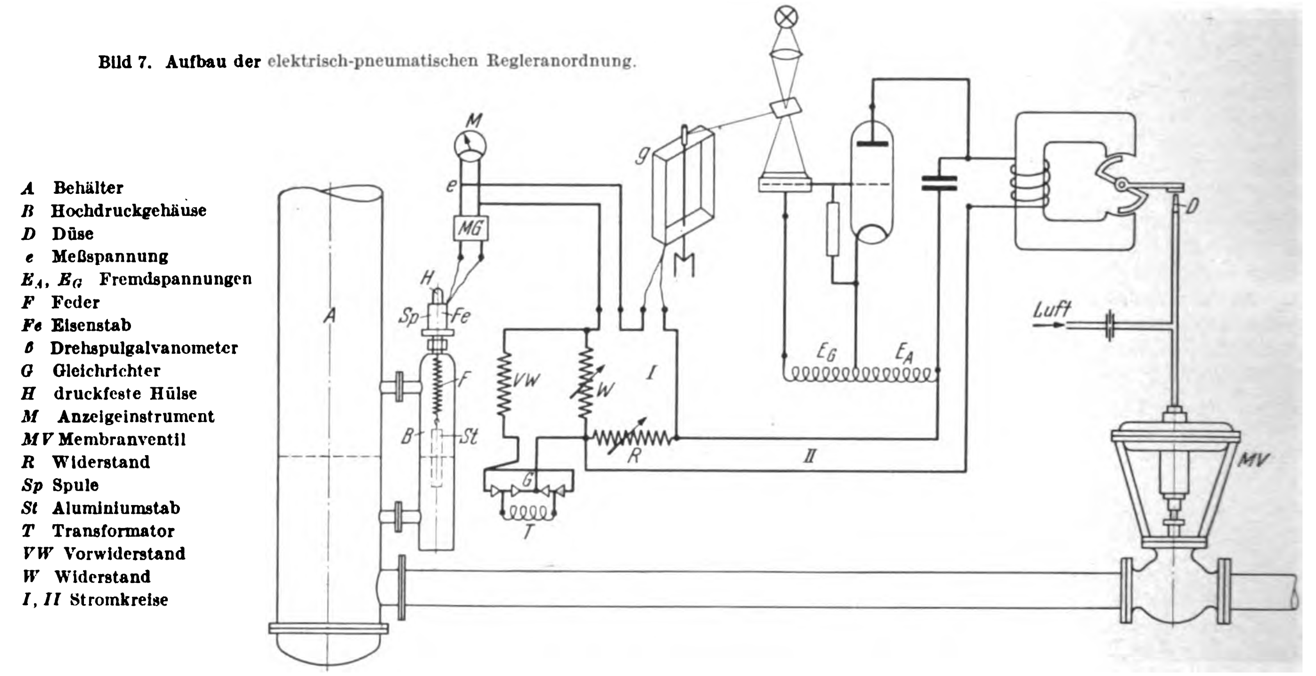
Aufbau der Regleranordnung

Nach Beschreiben der beiden wichtigsten Teile soll die Gesamtanordnung des Reglers (Bild 7) erläutert werden. Als Beispiel ist die Konstanthaltung eines Flüssigkeitsstandes in einem Behälter unter Druck gewählt. Zum Messen des Flüssigkeitsstandes dient eine vom Verfasser entwickelte Standmeßvorrichtung, die bis zu Drücken von 700 atü anwendbar ist. In einem Hochdruckgehäuse *B*, das kommunizierend mit dem Behälter *A* verbunden ist, ist an einer Feder *F* ein Aluminiumstab *St* angebracht. Je nach dem Stande der Flüssigkeit nimmt der Aluminiumstab *St* infolge des Auftriebs der Flüssigkeit eine höhere oder tiefere Lage ein. Die Stellung des Stabes *St* wird durch einen Selbstinduktionsferngeber reibungslos aus dem Hochdruckraum auf ein Anzeigeinstrument *M* übertragen. Zu diesem Zweck ist an dem Aluminiumstab *St* ein Eisenstab *Fe* angebracht, der durch die Feder *F* hindurch in die druckfeste Hülse *H* aus unmagnetischem Werkstoff hineinragt. Je nach der Stellung des Eisenstabes *Fe* ändert sich die Selbstinduktion der Spule *Sp*, und diese wird mit einer Meßbrücke und einem Trockengleichrichter *G* durch das Anzeigeinstrument gemessen. Dadurch erhält man an den Klemmen des Instrumentes *M* eine Gleichspannung, die praktisch proportional dem Flüssigkeitsstand im Behälter *A* ist.

An diese Instrumentklemmen wird nun der selbsttätige Regler angeschlossen. Klar zu erkennen ist die bereits beschriebene Kompensationsschaltung. Stromkreis *I* besteht wieder aus Drehspulgalvanometer *g*, Widerstand *R* und dem neu hinzugekommenen Widerstand *W*; dieser ist einstellbar und dient zum Einstellen des Sollwertes. Er wird von einem konstanten Gleichstrom durchflossen, der über den Transformator *T* und den Gleichrichter *G* abgegeben wird und durch den großen Vorwiderstand *VW* trotz der Änderung von *W* praktisch als konstant angesehen werden kann. Der Spannungsabfall am Widerstand *W* ist der Instrumentspannung *e* entgegengeschaltet. Dadurch ist es möglich, durch beliebige Wahl der Größe des Widerstandes *W* jeden Skalenpunkt des Instrumentes *M* zum Arbeitspunkt, also Sollwert des Reglers zu machen. Mit Absicht wurde vermieden, den Sollwert etwa durch Verstellen eines Widerstandes im Meßstromkreis des Instrumentes *M* vorzunehmen, da durch die vorliegende Anordnung der Regler universeller anwendbar ist. Meist wird der Widerstand *W* als Ringrohr oder Walzenferngeber ausgeführt.

Ebenso wie Widerstand *W* kann auch der Widerstand *R*, der Kopplungswiderstand zwischen Stromkreis *I* und *II*, verstellt werden. Hierdurch ist es möglich, die anfangs beschriebene Kennlinie des Reglers auf beliebige Neigung zu bringen. Beim Anfahren einer Anlage genügt es, den Widerstand *R* vom kleinsten Wert ausgehend so lange zu vergrößern, bis kein Pendeln des Reglers mehr auftritt. Damit ist der Regler an die Eigenschaften der Anlage angepaßt. Der Widerstand *R* wird dann nicht mehr verstellt. Daher ist es zweckmäßig, den Widerstand *R* beim Anfahren einer Anlage durch einen verstellbaren Widerstand zu ersetzen und nach gefundenem Wert einen entsprechenden festen Widerstand einzubauen.

Bild 7. Aufbau der elektrisch-pneumatischen Regleranordnung.



Die **Wirkungsweise** des Reglers ist nach obigem leicht zu verstehen: Steigt der Stand im Behälter *A*, so steigt auch der Stand im Meßgefäß *B*, und der Aluminiumstab *St* wird angehoben, wodurch die Spannung *e* am Instrument *M* ansteigt. Da die Schaltung so gewählt wurde, daß die Gegenspannung am Widerstand *W* größer war als *e*, so sinkt die wirksame Differenzspannung und infolgedessen der Anodenstrom der Röhre. Dies bewirkt ein Verringern des Luftdruckes an der Düse *D* und somit ein Öffnen des Membranventils *MV*. Jedem Istwert des Standes ist in einem bestimmten Gebiet eine bestimmte Stellung des Regulierventils *MV* zugeordnet; die Größe dieses Ungleichförmigkeitsgebietes ist gegeben durch die Größe des Widerstandes *R*. Der Regler hat eine geneigte, also statische Kennlinie, deren Neigung leicht durch den Widerstand *R* verstellt werden kann.

Der Regler besitzt folgende Vorteile: Er entnimmt dem Meßkreis, an den er angeschlossen wird, keinerlei Strom. Lediglich durch Verstellen eines Widerstandes kann die Neigung seiner Kennlinie beliebig eingestellt werden. Zur Sollwerteinstellung dient ebenfalls ein veränderlicher Widerstand, der aber nicht im Meßstromkreis des Anzeigegerätes, sondern davon unabhängig im Steuerstromkreis des Reglers liegt.

Zusammenfassung

Ausgehend von dem einfachen Beispiel eines Wasserstandreglers mit Schwimmersteuerung werden zunächst die Grundgesetze eines Reglers mit lastabhängigem Sollwert abgeleitet. Anschließend wird ein elektrisch-pneumatischer Regler beschrieben, der allgemein anwendbar ist. Der wesentlichste Bestandteil dieses Reglers ist ein elektrisch-pneumatisches Z-Ankerrelais, dessen Feldwicklung von einem lichtelektrisch gesteuerten Kompensationsstrom durchflossen wird. Die Arbeitsweise des Reglers wird an dem Beispiel einer Flüssigkeitsstandregelung näher geschildert. Doch ist damit das Anwendungsgebiet des Reglers durchaus nicht erschöpft, und abschließend sei darauf hingewiesen, daß auch auf dem Gebiet der Temperaturregelung durch die Anpassungsfähigkeit des Reglers große Vorteile zu erzielen sind.

Bemessungsgrundlagen für Kabelschuhe und Klemmen in Niederspannungsanlagen

Von Wilhelm Höpp VDE, Berlin

DK 621.315.68

Übersicht. Für den Kabelschuh als einfaches Gebilde sollten 100, 50 oder noch weniger Sorten für die ganze deutsche Industrie ausreichen. Um jegliche Rohstoffvergeudung auszuschließen, ist zu überlegen, welche Mindestabmessungen notwendig sind. Die nachstehenden Ausführungen sollen dazu als Unterlage dienen und beziehen sich auf Anlagen, in denen keine ungewöhnlich hohen Kurzschlußströme auftreten.

Einleitung

Außer praktischen Anforderungen müssen die Kabelschuhe elektrisch ausreichend sein. Aus den Betrachtungen über Stromeinschnürungen an Leitern und der Kurzschlußfestigkeit von Kontaktstellen läßt sich ziemlich sicher voraussagen, daß jeder Kabelschuh, der mechanisch ausreichend fest ist, auch in elektrischer Hinsicht ausreichen wird. Zweifel könnten bei Aluminium bestehen, und daher soll versucht werden, eine theoretische Unterlage zu geben, um ein Maß über die elektrische Sicherheit von Kabelschuhen, Klemmen und elektrische Verbindungen zu erhalten.

Theorie des Kabelschuhes

Wir greifen den schwierigsten Fall, den Klemmkabelschuh, heraus und erledigen damit zugleich die Verbindungsklemmen für massive Leiter. Der Klemmkabelschuh nach Bild 1 besitzt einen Kontaktübergangswiderstand zwischen Öse und Anschlußfläche und einen zweiten zwischen Kabelschuh und Kabel[1]). Die Unterlegscheibe aus Eisen und die Eisenschraube führen nur einen geringen Teilstrom, insbesondere wenn eine oxydierte Unterlegscheibe benutzt wird. Ebenso führt die Stahlschelle einen Nebenstrom, der für die vorliegenden Überlegungen vernachlässigt werden kann, wie sich später zeigen wird.

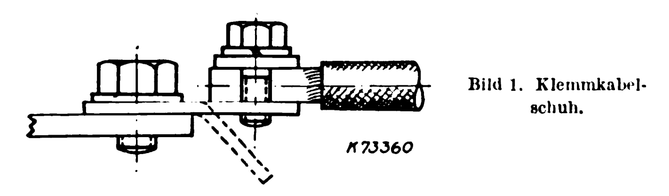


Bild 1. Klemmkabelschuh.

Blechkabelschuhe haben den Vorteil, daß man sie nach beiden Seiten abbiegen kann, wodurch man u. U. an Anschlußraum spart. Die Biegestelle erscheint wegen der Querschnittsverengung gegenüber den Nachbarteilen elektrisch stark geschwächt, so daß man früher geneigt war, das Abschmelzen bei hohen Kurzschlußströmen auf diese Stromeinschnürung zurückzuführen. Das trifft jedoch nur dann zu, wenn sich Haarrisse bilden, die durch Verwenden von Kupfer und einwandfreie Herstellung ausgeschlossen wurden. Aber auch die Erwärmung durch die Stromeinschnürung läßt sich ausreichend sicher übersehen. Die Verengung könnte weiter getrieben werden als bisher, z. B. auf den halben Querschnitt, wenn damit irgendwelche Vorteile verbunden wären. Dem ist nicht so, und somit ist nur nachzuprüfen, ob der aus praktischen Überlegungen folgende Querschnitt im Kurzschlußfall thermisch und dynamisch fest genug ist.

Die Dauererwärmung im Kabelschuh bei Nennstrom des Kabels ist selbst bei mäßigem Schraubendruck an den Klemmstellen gering. Der Kontaktwiderstand w zwischen metallisch reinem Kupfer und einem Gegenkontakt aus Kupfer oder Messing ist bei Schaltern mit mäßigem Druck P (in kg), d. h. solange an den Kontaktstellen nur elastische Verformungen auftreten, angenähert

$$w = \frac{\varrho}{P} + \sigma = \frac{0{,}25 \cdot 10^{-3}}{P} + 5 \cdot 10^{-6}\,\Omega \qquad (1)$$

und der Spannungsabfall bei dem Nennstrom I_n in mV

$$e = I_n \left(\frac{0{,}25}{P} + 5 \cdot 10^{-3}\right) \text{mV}. \qquad (2)$$

Hierbei ist ϱ eine Stoffkonstante und σ ein Restwiderstand. Wird als Nennstrom jene Stromlast gewählt, bei der ein blanker Leiter etwa 35° Übertemperatur erreicht, so ist die Zusatzerwärmung an der Kontaktstelle, wenn man von der besseren Wärmeabgabe durch die vergrößerte Oberfläche durch Schraubenkopf, Klemmlasche u. a. absieht, annähernd gleich dem Spannungsabfall in mV[2]), also rund

$$\vartheta_0 = e \qquad (3)$$

bei $I = I_n$.

Bei dieser Gelegenheit mag erneut darauf hingewiesen werden, daß die Größe der Kontaktfläche eine nebensächliche Rolle spielt. Sie erscheint deswegen nicht in Gl. (1), weil ein Ausgleich dadurch zustande kommt, daß bei wenigen Berührungspunkten innerhalb der scheinbaren Kontaktfläche dort auch der spezifische Druck p entsprechend hoch ist, so daß nur das Produkt pF maßgebend ist, wenn F die wirkliche Berührungsfläche ist. Aber $pF = P$ ist der Gesamtdruck. Die wichtigen Folgerungen aus dieser Erkenntnis sind an anderer Stelle behandelt[3]).

Wenn man den Kontaktdruck verhältnisgleich dem Leiterquerschnitt ansetzt, also

$$P = a\,q \qquad (4)$$

---

[1]) Über die elektrophysikalischen Grundlagen siehe auch die zusammenfassende Arbeit R. Holm, Aus der technischen Physik elektrischer Kontakte. ETZ 62 (1941) H. 29, S. 633.

[2]) W. Höpp, Die Berechnung von Kontakten. ETZ 41 (1920) S. 205.

[3]) Feinsilberdruckkontakte für große Ströme. Feinmech. u. Präz. 47 (1939) S. 299.

macht, so erhält man nach Gl. (2)

$$e = \frac{I}{q} \cdot \frac{0{,}25}{a} + I \cdot 5 \cdot 10^{-3}$$

und mit etwa a = 100 kg je cm² Leiterquerschnitt

$$e = \frac{I}{q} 2{,}5 \cdot 10^{-3} + I \cdot 5 \cdot 10^{-3}.$$

Das würde für einen Schienenquerschnitt von $q = 10 \times 50\ \text{mm}^2 = 5\ \text{cm}^2$ bei $I_n = 1000$ A und bei nur einer Kontaktstelle einen Spannungsabfall geben von

$$e = \frac{1000}{5} \cdot \frac{2{,}5}{1000} + 1000 \cdot \frac{5}{1000} = \frac{2{,}5}{5} + 5 = 5{,}5\ \text{mV}.$$

In Wirklichkeit ist der Spannungsabfall jedoch 1 bis 2 mV bei jeder guten Verschraubung. Das liegt daran, daß Gl. (1) nur so lange gilt, als keine plastische Verformung an den Kontaktstellen stattfindet, was bei Schalterkontakten zwar zutrifft, dagegen nicht mehr bei den hohen Schraubdrucken, die etwa 25mal so hoch sind.

In der Gleichung für den Übergangswiderstand $W_ü = \varrho/P + \sigma$ ist σ sehr von der Art der Bearbeitung abhängig, und es kommt für diesen zweiten Summand darauf an, daß möglichst viele Flächenteile zur festen Berührung gelangen, so daß eine Art Parallelschaltung und dementsprechende Stromverteilung zustande kommt. Diese wird bei Überschreiten des Fließdruckes aber immer mehr oder weniger erzwungen.

Wir haben dann mindestens eine gute Dreipunktauflage bei der Schraubverbindung mit je $\frac{1}{3} P$ an jeder Kontaktstelle, und wenn auch eine Art Schicht mit konstantem Widerstand an jeder Stelle vorhanden wäre oder tatsächlich ist, so muß doch durch die Parallelschaltung an n Punkten Gl. (1) übergehen in

$$W_ü = \frac{1}{n}\left(\frac{\varrho}{P/n} + \sigma\right) = \frac{\varrho}{P} + \frac{\sigma}{n}. \tag{5}$$

In obigem Beispiel hätten wir, wenn n mindestens gleich 3 gesetzt wird,

$$e = \frac{1000 \cdot 2{,}5}{1000 \cdot 5} + \frac{1000 \cdot 5}{1000 \cdot 3} = 0{,}5 + 1{,}66 = 2{,}16\ \text{mV}.$$

Hinzu kommt, daß durch Überlappen an jeder Verschraubung nach Art des Kabelschuhes eine Querschnittsverdoppelung eintritt, wodurch der ohmsche Verlust im Leiter selbst halbiert wird. Der gesamte Widerstand in der Verschraubung, gemessen an der Überlappungslänge, wird daher nicht $W_ü + W_l$, sondern

$$W = W_ü + \frac{W_l}{2}, \tag{6}$$

wenn W_l der Widerstand der Schienenlänge ist. Für unser Endziel, Werkstoff zu sparen, hat es wenig Sinn, noch in weitere Einzelheiten einzugehen, um herauszufinden, ob n mit 3 oder einem höheren Wert anzusetzen ist, solange wir mit nur einer Schraube für die Befestigung des Kabelschuhes rechnen; denn die Zusatz-Dauertemperatur ϑ_0 ist in der Kontaktstelle etwa gleich dem Spannungsabfall in Millivolt, also höchstens 2 °C, so daß es daher nicht lohnt, noch weitere Untersuchungen anzustellen.

Im folgenden sei der Kabelschuh mit mehreren Befestigungsschrauben, also großen und teuren Anschlußlappen, der sein unberechtigtes Dasein der falschen Vorstellung über die Bedeutung der großen Kontaktflächen verdankt, genauer betrachtet. Man glaubte, ihn auch bei Aluminiumanschlüssen wieder anwenden zu müssen, weil hierbei besonders schwierige Verhältnisse vorlagen und vor etwa zwei Jahren noch große Unsicherheiten in der Kontaktfrage bestanden[4]). Um einen besseren Überblick zu erhalten, wollen wir uns über die Größe der Schrauben vorher klar werden. Wir hatten der Praxis entsprechend angesetzt:

$$P = a\, q = 100\, q \text{ mit } q \text{ in cm}^2. \tag{7}$$

Bei einer Zugbeanspruchung der Schraube von $k_z = 500\ \text{kg/cm}^2$ benötigen wir einen Schraubenkernquerschnitt von

$$Q = \frac{P}{k_z} = \frac{a\, q}{k_z} = q \frac{a}{k_z} = q \frac{100}{500} = 0{,}2\, q\ [\text{cm}^2]. \tag{8}$$

Wir könnten also bei einer Verschraubung mit einer Stromschiene 1 · 5 cm² für etwa 1000 A bereits mit einer einzigen ½"-Schraube in elektrischer Hinsicht auskommen, und wenn keine Drehbeanspruchung vorkommt, wie sie beim biegsamen festverlegten Kabel praktisch vermieden ist, auch in mechanischer Hinsicht. Das Ösenloch der Kabelschuhe ist aber oft viel größer, als es zum Schienenanschluß erforderlich wäre, und zwar deshalb, weil seinerzeit Rücksicht auf die Befestigung an Durchführungsbolzen zu nehmen war. Wir wollen auch hierfür eine klare Grundlage schaffen, um bei der Normung Werkstoffersparnisse zu ermöglichen.

Blanke Rundleiter aus Kupfer können bei 30 ° bis 35 ° Übertemperatur mit folgenden Stromstärken belastet werden:

$$I_{30°} = 5{,}45 \sqrt{\frac{u}{2}\left(q + 2{,}2\sqrt{q}\right)}. \tag{9}$$

Dabei ist U der Umfang in mm, q der Querschnitt in mm². Wenn man den Bolzendurchmesser d in mm einführt, ist

$$I_{30°} = 6\, d \sqrt{d + 2{,}5}. \tag{10}$$

Für Messingbolzen, deren Leitfähigkeit nur etwa ein Viertel derjenigen des Kupfers beträgt, ist nur die Hälfte dieser Belastung zulässig:

$$I_{30°} = 3\, d \sqrt{d + 2{,}5}. \tag{11}$$

Ein Bolzen von 30 mm Dmr. in Kupfer ergibt 1030 A ≈1000 A. Wenn wir mit der Zugbeanspruchung in Kupferbolzen auf etwa die Hälfte wie bei Eisen heruntergingen, so würde das verjüngte Ende des 30 mm-Bolzens mit ⅝" bereits in elektrischer Hinsicht ausreichend sein. Der genormte Kabelschuh nach DIN VDE 6220 hat eine Bohrung für eine ¾"-Schraube. Die wahlweise Bohrung von 35 mm nimmt Rücksicht auf den vollen Bolzendurchmesser. Das mag für den Zusammenbau bequem sein, bedeutet aber Verschwendung am Bolzen, den Muttern und durch die entsprechend große Kabelschuhöse. Man sollte bei größeren Strömen mehr zu den gewindelosen Durchführungsbolzen mit seitlichen Anschlußflächen und besser zwei kleineren Schrauben übergehen, die zugleich seitlichen Schienenanschluß gestatten. Die Kontaktfläche kann dabei beliebig klein sein, wie sich aus den weiteren Untersuchungen ergibt[5]). Dicke Rundleiter erfordern mehr Kupfer als flache dünne Schienen bei gleicher Erwärmung; sie ergeben dagegen einen kleineren Spannungsabfall bzw. Verlust, was bei Sammelschienen und gekapselten Geräten Vorteile bieten kann. Der Durchführungsbolzen dagegen sollte über 1000 A nicht mehr als Norm geführt werden. Der Rundbolzen für 1000 A von 30 mm Dmr. erfordert gegenüber einer Flachschiene 50 · 10 mm², die gleiche Erwärmung hat, einen um 40% größeren Querschnitt, gegenüber 70 · 6 mm² sogar 67 % mehr Querschnitt. Bei Verwendung einer einzigen Schraube hat man vor allem die Gewähr, daß an den Punkten wirklicher Berührung der spezifische Druck so hoch ist, daß nachträglich keine Luft mehr in die Kontaktstelle eintreten kann, und das ist die erste Vorbedingung für ihre Unveränderlichkeit und Dauerhaftigkeit. Ein ausreichender spezifischer Druck ist um so sicherer erreicht, je kleiner die anfänglichen Berührungsflächen sind, wodurch ein sicheres Fließen bis zum inneren Druckausgleich durch

[4]) W. Höpp, Die Umstellung der Schaltgeräte und des Installationsmaterials für den Anschluß von Al-Leitungen. VDE-Fachber. 9 (1937) S. 95.

[5]) Helios, Lpz. 44 (1938) S. 798.

Bilden von wirklichen, wenn auch kleinen Kontaktflächen stattfindet. Daher kommt es, daß entsprechend praktischen Erfahrungen die mit grober Feile bearbeitete Schraubverbindung mit einer oder wenigen Schrauben kleinere Widerstandswerte gibt und vor allem auch dauerhafter ist als die große, fein angeschliffene Fläche mit vielen kleinen Schrauben, bei der man die anhaftende Luft nicht genügend beiseitepressen kann. Bei Unterschreiten eines bestimmten spezifischen Druckes muß der Kontakt unsicher werden. Wenn man daher Schienen mittels überstehender Druckplatten miteinander verschraubt, so müssen diese besonders kräftig sein und starke Schrauben angewendet werden, wenn sie den gewollten Zweck, d. h. überall gleichen Druck, erfüllen sollen. Sind sie nicht sehr stabil, so drücken sie infolge der Durchbiegung an den Kanten und machen Kontakt mit viel unnützem Aufwand, Platz und Rohstoffvergeudung. Das gilt auch für Aluminiumschienen, und vorstehende Kritik soll derartige Verschraubungen und ebenso den Kabelschuh mit großem Anschlußlappen zukünftig zum Verschwinden bringen, wenn nicht wichtige, betriebliche Gründe die Spannlaschenverbindung rechtfertigen.

Bei Beanspruchung durch hohe Kurzschlußströme von 50 bis 100 kA und darüber treten allerdings so hohe Kräfte an den Leitern auf, daß es ratsam sein kann, einen Anschluß mit zwei Schrauben auszurüsten, um ein Lockerdrehen zu verhindern. Aber auch für diese Sonderfälle sind zwei Schrauben mit entsprechend kleinerem Querschnitt ausreichend. Sorgfältiges Säubern der Kontaktflächen vor dem Verschrauben ist sehr zu empfehlen, um ein Halbieren der Stromdichte in den Kontaktschienen nach Möglichkeit zu erreichen. Ebenso darf durch spontane Temperaturzunahme keine lokale Festigkeitsverminderung eintreten.

In nachstehender Tafel 1 sind einige Schienenquerschnitte für Kupfer, ihre Strombelastung für etwa 35° Übertemperatur, der Schraubendruck und die erforderlichen Schrauben zusammengestellt.

Tafel 1. Hauptwerte für verschiedene Kupferschienenquerschnitte.

Profil mm²	q mm²	I_n A	$\frac{I}{q}$	P kg	Q mm²	d_k mm	Schraubendurchmesser elektrisch	Schraubendurchmesser mechanisch
12 · 3	36	158	4,10	36	7,5	3,1	M 4	M 6
16 · 4	64	220	3,45	64	13	4,0	M 5	M 8
20 · 5	100	270	2,70	100	20	5,0	M 6	M 10
30 · 6	180	475	2,65	180	36	6,8	M 8	M 12
40 · 8	320	715	2,23	320	64	9,2	½″	⅝″
50 · 10	500	990	2,0	500	100	11,3	⅝″	¾″

Man erkennt, daß in elektrischer Hinsicht recht kleine Schrauben genügen. Innerhalb von Geräten ist man aus Platzgründen mitunter gezwungen, solche kleinen Schrauben anzuwenden, und es ist nichts dagegen einzuwenden, sofern sie gegen Lockern gesichert sind.

Wenn wir hier feststellen, daß ein Klemmkabelschuh mit seinem zusätzlichen Übergangswiderstand elektrisch immer ausreicht, sobald er mechanisch fest ist, so muß man um so mehr folgern, daß die gebräuchlichen Lötkabelschuhe mehr zufällig und nach rein praktischen Gesichtspunkten bemessen und in bezug auf Dauererwärmung überbemessen sind[6]).

Der leichte Blechkabelschuh hat an der Stelle engsten Querschnittes aber auch eine ausreichende Kurzschlußfestigkeit, wie die Erfahrung bisher gezeigt hat. Haarrisse sind durch Glühen und einwandfreie Biegewerkzeuge sicher zu verhindern. Aber in den letzten Jahren sind durch Erweitern vieler Industriezweige die Kurzschlußströme erheblich gewachsen. Bisweilen ist hinter einem Abzweig mit etwa 200 A Nennstrom bereits mit Strömen bis zu 20 000 A zu rechnen. Im Kurzschlußfall ist die Erwärmung an einer Stromeinschnürungsstelle höchstens verhältnisgleich dem Quadrat der Stromdichte. Ist der Querschnitt auf die Hälfte des Kabelquerschnittes verengt, so kann die Erwärmung höchstens den vierfachen Wert der des vollen Nennquerschnittes annehmen, und da die Kabel in irgendeiner Weise in der Übertemperatur auf etwa 40 bis 50° begrenzt sein müssen, so würde im äußersten Fall eine spontane Erwärmung von 200° stattfinden, was vollkommen ungefährlich für Kupferkabelschuhe ist.

[6]) Daß die Lötstelle selbst einen nicht meßbar kleinen Zusatzverlust bedingt, wird als bekannt vorausgesetzt.

Ergebnisse für Messing- und Kupferkabelschuhe

Das Ergebnis vorstehender Untersuchung ist, soweit es sich um Messing- und Kupferkabelschuhe handelt, also folgendes: Bei der Auswahl von Kabelschuhen zum Zwecke der Verminderung der übergroßen Zahl der Bauarten durch eine Normung ist die Bemessung bezüglich Dauererwärmung und Kurzschlußfestigkeit von untergeordneter Bedeutung, weil ein Kabelschuh, der mechanisch ausreichend fest ist, auch in elektrischer Hinsicht vollkommen ausreicht. Bei der Normung ist also in erster Linie äußerste Gewichtsersparnis zu beachten.

Lötkabelschuhe sind in der Hülse nicht länger zu machen, als es eine haltbare Lötung erfordert. Die Länge $l \approx 2d$ wie bei dem einfachen, gerollten Kabelschuh dürfte vollkommen ausreichen; hierbei ist d der Schaftdurchmesser der kleinsten zulässigen Anschlußschraube nach Tafel 1.

Blechkabelschuhe können an der Einschnürung im Querschnitt so weit verringert werden, als es in Hinsicht auf mechanische Festigkeit noch angängig ist. Die bisherige Verengung nach DIN VDE 6210 auf etwa drei Viertel des Querschnittes bildet in keiner Weise eine Gefahr.

Kurzschlußfestigkeit von Klemmkontakten

Da seit einigen Jahren Kabel und Leitungen aus Aluminium in großem Umfange verwendet werden, sei auf die Kontaktfrage eingegangen, soweit Al-Drähte und -Kabel durch Klemmung, also ohne vorheriges Verlöten oder Verschweißen der Enden, in federnden Klemmen befestigt werden. Der einzelne Draht erfordert bereits eine Klemme, die einen ausreichenden Kontaktdruck auch nach dem Setzen noch aufrechterhält, d. h. sie muß unter hohem Druck um einen, wenn auch kleinen Betrag gut nachfedern; sie darf nicht starr sein. Der Betrag des Setzens ist bei einem mehrdrähtigen Leiter und beim Kabel der Drahtzahl entsprechend höher, so daß die erforderlichen Federn verhältnismäßig viel Raum beanspruchen. Die erste brauchbare Seil- und Kabelklemme wurde von Gebauer[7]) entwickelt und wird vornehmlich bei Hausanschlüssen verwendet. Bei kleineren Schaltgeräten, deren Polteilung im Laufe der Entwicklung immer enger geworden ist, können nur schmale Klemmen verwendet werden. Hierfür ist die in Bild 2 gezeigte Buchsenklemme[8]) gut geeignet. Zum bequemen Einlegen des Leiterendes kann sie mit seitlichem Schlitz versehen werden. Diese Klemme erfordert etwas mehr Aufwand,

[7]) W. Gebauer, Elektrizitätswirtsch. 35 (1936) S. 694 u. 745.
[8]) DRP. 671 140.

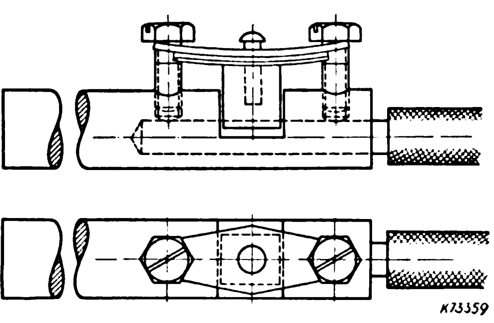


Bild 2. Schmalklemme für mehrdrähtige Aluminiumleiter.

vermeidet aber das Löten und Schweißen an Ort und Stelle.

Für Aluminiumkabel, die am Anschlußende zu einem massiven Rundleiter verschweißt werden, genügt die glatte Schellenklemme nach Bild 3. Will man dem Kabel etwas besseren seitlichen Halt geben, so kann man in der Schelle eine dachförmige Rille vorsehen. Mechanisch besser und auch noch kurzschlußfester wird die Klemme, wenn diese Rinne am Anschlußkontakt angebracht wird. Da als Anschlußkontakt gern die billige glatte Schiene verwendet wird, soll zunächst untersucht werden, ob die Kurzschlußfestigkeit des einen Linienkontaktes am Rundleiter ausreicht.

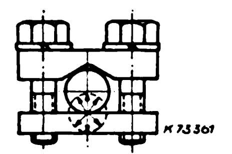


Bild 3. Schellenklemme für massive Al-Rundleiter.

Erfahrungsgemäß gibt der saubere Linienkontakt, der sich beim Festziehen der Schelle zu einer schmalen Fläche verformt, den geringsten Spannungsabfall bei Kupfer (bis unter 1 mV), ähnlich dem Kontakt an einer sauberen Drahtöse, die ja einen verhältnismäßig langen Linienkontakt vorstellt, der in Kreisform gebogen ist. Dabei liegt eine verhältnismäßig gleichmäßige Parallelschaltung vieler Einzelkontaktpunkte vor. Dagegen ist der innere Wärmestrom im Kurzschlußfall nicht mehr strahlenförmig in einer Kugelzone nach allen Seiten wie beim Kleinflächenkontakt (Punktkontakt), sondern mehr in einer Zylinderzone (Bild 3). Im Rundleiter ist sie noch ein wenig ungünstiger, je nachdem, wieweit das Temperaturgefälle im Kurzschlußfalle reicht. Wir können die Schweißzone aber überschlägig errechnen und finden sie auf wenige Millimeter Durchmesser begrenzt. Sie darf aber im Grenzfall auch gar keinen größeren Umfang annehmen; denn schon eine kleine plastische Zone würde sich unter dem Klemmdruck setzen und Nachbarstellen zur Auflage bringen, die weniger oxydfrei sind, damit eine beträchtliche Widerstandserhöhung und somit ein Verringern der Kurzschlußfestigkeit zur Folge haben. Ob bei Überschreiten dieser kritischen Stromgrenze ein Verschweißen an einzelnen Punkten eintritt, kann man nicht ohne Versuch voraussagen; je nach den Versuchsbedingungen sind beide Fälle möglich.

Die Arbeit A, die in einem schwachballigen Silber- oder Kupfer-Punktkontakt in der kurzen Kurzschlußzeit t von $^5/_{100}$ s aufgespeichert werden muß, um eine Schweißung herbeizuführen, beträgt nach den bisher vorliegenden Messungen etwa 200 Ws[9]). Aus

$$200 = A = I_k^2 \, W_{\ddot{u}} \, t \tag{12}$$

und $W_{\ddot{u}} = \frac{e}{I_n}$ folgt

$$I_k = \sqrt{\frac{A \, I_n}{t_k \, e}} \quad \text{mit } e \text{ in V.} \tag{13}$$

Ein blanker **K u p f e r** leiter von 10 mm Dmr. hat nach Gl. (10) einen Nennstrom von

$$I_n = 6 \cdot 10 \cdot \sqrt{10 + 2{,}5} = 212 \text{ A.}$$

Bei einem Spannungsabfall von etwa $1 \text{ mV} = {}^1/_{1000}$ V und einer Kurzschlußdauer von $^5/_{100}$ s erhält man nach Gl. (13) für den Kupferanschluß

$$I_k = \sqrt{\frac{200 \cdot 212}{\frac{50}{1000} \cdot \frac{1}{1000}}} = 1000 \cdot \sqrt{4 \cdot 212} \approx 29\,000 \text{ A.}$$

Beim **A l u m i n i u m** leiter liegt dagegen die Schmelztemperatur niedriger, und vor allem tritt schon bei niedrigen Temperaturen von 150 bis 200 ° durch den Kontaktdruck ein plastisches Verformen ein, so daß die zulässige Stromstärke tiefer liegt. Es ist damit zu rechnen, daß bei nicht ausreichend nachfedernden Klemmen nach einer Kurzschlußbelastung ein höherer Kontaktwiderstand als vorher vorhanden ist. Beim nächsten Kurzschluß wiederholt sich dieses Spiel und so fort bis zur Zerstörung. Man kann ferner nur bei sorgfältiger Vorbereitung der Kontaktflächen einen so geringen Spannungsabfall wie bei Kupferanschlüssen erwarten und tut gut, diesen mit etwa 3 bis 4 mV anzusetzen.

Nun darf man einem 200 A Aluminiumabzweig billigerweise keine Kurzschlußfestigkeit von rd. 30 000 A zumuten, und 10 000 A, also der 150fache Strom, sind etwa als ausreichend anzusehen. Da die erreichte Temperatur an der Kontaktstelle verhältnisgleich dem Quadrat der Kurzschlußstromstärke ist, so würde bei etwa $^1/_3$ der errechneten Stromstärke nur etwa $^1/_9$ der Schweißtemperatur des Kupfers erreicht, also höchstens 120 °, und damit können wir folgern, daß unser Linienklemmkontakt auch bei Aluminium einwandfrei ist, sofern der Spannungsabfall von etwa 3 mV bei Nennstrom des Leiters nicht überschritten wird. In den Fällen, in denen ein kleiner Spannungsabfall nicht erzielt wird und der Kurzschlußstrom groß werden kann, ist es jedoch zweckmäßig, systematische Versuche auszuführen, um einen praktischen Wert für die Konstante $\sqrt{\frac{A}{t_k}} = K$ in der Kurzschlußstrom-Gleichung

$$I_k = \sqrt{\frac{A}{t_k}} \cdot \sqrt{\frac{I_n}{e}} \quad \text{mit } e \text{ in V} \tag{14}$$

angeben zu können[10]). Es genügt dann, an den Verbindungsstellen den Spannungsabfall zu kennen, um beurteilen zu können, ob die vorgeschriebene Kurzschlußfestigkeit vorhanden ist:

$$e = K^2 \frac{I_n}{I_k^2} = I_n \left(\frac{K}{I_k}\right)^2 [\text{V}]$$

oder in mV

$$e = 1000 \, I_n \left(\frac{K}{I_k}\right)^2. \tag{15}$$

Schätzt man nach den vorgehenden Überlegungen zunächst die zulässige Kurzschlußstromstärke während fünf Halbwellen in obigem Beispiel zu 10 000 A bei einem Spannungsabfall von 3,5 mV, so wird der Wurzelwert der Arbeit je Sekunde $\sqrt{\frac{A}{t_k}} = K$ aus Gl. (14)

$$I_k = 10\,000 = K \sqrt{\frac{213}{\frac{3{,}5}{1000}}} = K \, 250,$$

oder

$$K = \frac{10\,000}{250} = 40$$

und daraus für den Aluminiumanschluß

$$A = 40^2 \cdot \frac{5}{100} = 80 \text{ Ws.}$$

Die Metallzone, die bei 80 Ws Aluminium zum Fließen bringt, ist etwa $^1/_{10}$ g. Die Fließzone ist also klein, und daher spielt die Form des Kontaktes, ob Flach- oder Zylindermantel, keine große Rolle. Da der Spannungsabfall bei Nennstromstärke bei allen schienenartigen Verschraubungen auf etwa 3 mV gebracht werden kann, ist

---

[9]) W. Höpp, Feinmech. u. Präz. 47 (1939) S. 47.

[10]) Das gilt besonders für Kabelklemmen nach Art von Bild 2 bei denen die Einzeldrähte nicht miteinander verlötet werden und daher einen 2- bis 8fachen Verlust aufweisen. Man kann hierfür nicht voraussagen, auf wieviel Stellen sich der Stromübergang verteilt. Nach den bisherigen praktischen Ergebnissen kann man annehmen, daß die Kurzschlußstromstärke bzw. deren Dauer durch die Hausanschlußsicherung selbst begrenzt wird.

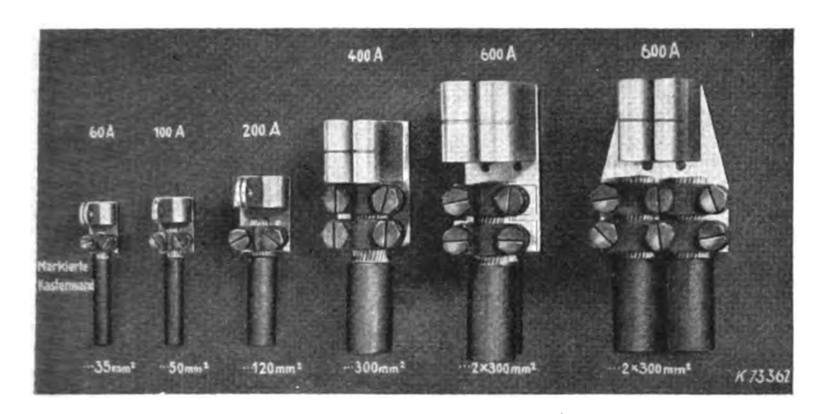


Bild 4. Schellenanschlüsse für die verschiedenen Al-Kabel.

ein solcher Aluminiumanschluß für eine Kurzschlußstromstärke während fünf Halbwellen ($^5/_{100}$ s) Dauer für

$$I_k = 40 \cdot \sqrt{\frac{1000\, I_n}{e}} \qquad (16)$$

mit e in mV ausreichend, bei 1000 A Nennstrom also für etwa 23 000 A, bei 200 A für 10 000 A, sofern der Spannungsabfall bei Nennstrom 3 mV nicht übersteigt. Um das zu erreichen, ist Sauberkeit des anzuschließenden Leiters und ausreichende Pressung Voraussetzung. Von einem großen Überschuß wie bei Kupfer kann man bei Al-Klemmen ohne Versuchsergebnisse nicht reden, und daher gibt der seiner Zeit für Kupferkabel entwickelte Geräteanschluß, der bei Geräten über 200 A mehr aus Festigkeitsgründen mit Doppelschellen versehen wurde, auch bei Al-Anschluß (Bild 4) eine große Sicherheit.

Folgerungen für Aluminiumanschlüsse

Auch bei Aluminiumanschlüssen ist die mechanische Festigkeit der Verbindung ausschlaggebend. Erst wenn Kurzschlußströme zu erwarten sind, die etwa den durch die Gl. (16) gegebenen Wert überschreiten, muß man zur Parallelschaltung von Kontaktstellen schreiten. Im allgemeinen ist der Bedingung bereits dadurch Genüge geleistet, daß solche hohen Ströme nicht mehr über Kabelschuhe mit einer einzigen Schraube gehen, sondern über Schienenkontakte mit wenigstens zwei Schrauben, die wegen der Unsicherheit, die zu Beginn der Umstellung noch bestand, besonders reichlich gewählt wurden.

Schienenverschraubungen wurden bei Kupfer vielfach mit einer Überlappungslänge versehen, die der Schienenbreite gleichkommt, obschon viel weniger ausreichend gewesen wäre. Bei Aluminiumschienen wurde annähernd die Schienenbreite beibehalten und werden reichlich hohe Drucke angewendet. Bei der Normung von Flachanschlüssen für Hochspannungsgeräte wurden, lediglich mit Rücksicht auf das Aluminium, diese großen Flächen beibehalten, denn in Hochspannungsanlagen sind verhältnismäßig hohe Kurzschlußströme zu erwarten.

Zusammenfassung

1. Die vorliegende Untersuchung und Berechnung von Kabelschuhen, Klemmen und Anschlußkontakten in bezug auf Erwärmung im Dauerbetrieb und bei Kurzschluß führte zu dem Ergebnis, daß die hierfür erforderliche Rohstoffmenge kleiner als für die mechanische Festigkeit notwendig ist. Das bedeutet aber auch umgekehrt, daß jede Verbindungsstelle, die mechanisch ausreichend fest ist, auch in elektrischer Hinsicht genügt. Daraus folgt, daß Kabelschuhe nur soviel Rohstoff benötigen, als es die mechanische Festigkeit erfordert.
2. Die nächste Folgerung ist, daß die Länge der Hülsen bei Lötkabelschuhen, die von allen Bauarten bereits die kleinste Rohstoffmenge erfordern, nicht größer zu sein braucht, als mit Rücksicht auf eine mechanische, haltbare Lötung erforderlich ist. Da sich die Kabelschuhe aus gerolltem Band von der Breite des Schraubenkopfes als ausreichend erwiesen haben, soll die Hülsenlänge in keinem Fall den Durchmesser des Schraubenkopfes übersteigen.
3. Die Abmessungen der Ösen sollen nicht größer sein als der Durchmesser des zugehörigen kleinsten Schraubenkopfes. Der Lochdurchmesser der Öse soll nur bei den kleinen Stromstufen den glatten Durchführungsbolzen berücksichtigen. Starke Bolzen sind auf den Durchmesser der normalen Kopfschraube abzusetzen. Erweiterte Ösen bedeuten Werkstoffverschwendung.
4. Die Stromeinschnürung, die am Übergang zwischen Öse und Hülse entsteht, ist belanglos; der auf etwa die Hälfte verringerte Querschnitt ist noch ausreichend kurzschlußfest.
5. Blechkabelschuhe müssen den Biegebeanspruchungen beim Zusammenbau standhalten, müssen aus Kupfer bestehen, sind ausreichend zu glühen und so herzustellen, daß beim Biegen keine Haarrisse entstehen können.

   Blechkabelschuhe für 4 mm² und darunter sind aus Messing und feuerverzinnt herzustellen.

   Blechkabelschuhe können, falls ein größerer Querschnitt eingebracht werden soll, aufgedornt werden; kleinere Querschnitte sollen durch Zusammenbiegen angepaßt werden, damit möglichst wenig Lötzinn ausreicht.
6. Sonderkabelschuhe mit großem Anschlußlappen und vielen Schrauben sind zu vermeiden, da sie Rohstoffvergeudung bedeuten. Bei hohen Kurzschlußströmen genügen bei sauberen Kontaktflächen zwei Schrauben.
7. Bei Klemmlaschen-Kabelschuhen für Anschluß von Kupferrundleitern ist ein Linienkontakt auf glattem Unterteil ausreichend; für unverlötete Kupferkabel ist wegen besseren Zusammenhaltes die Rinnenform erforderlich.
8. Bei Anschluß von Aluminium-Rundstäben sind für Nennströme über 200 A Schellen genügender Länge, zweckmäßig Doppelschellen, anzuwenden, um eine Kurzschlußfestigkeit von schätzungsweise 30 000 A zu erzielen. Eine dachförmige Rinne im Unterteil ist zu empfehlen. Ausreichendes Nachfedern ist notwendig. Die Prüfvorschriften nach VDE 0608 sind zu erfüllen. Der Spannungsabfall bei Nennstrom sollte dabei jedoch 4 mV nicht überschreiten.
9. Laschenklemmen für unverschweißte und nicht verlötete Kabelenden (Gebauerklemme) erfordern erhebliche Nachfederung, ausreichende Hülsenlänge und Rinnenform, um dauerstand- und kurzschlußfest zu sein.
10. Um Kabelschuhe und Montagearbeiten zu sparen und mit kleinem Anschlußraum auszukommen, sollten Schaltgeräte möglichst mit Klemmenanschlüssen ausgerüstet werden.

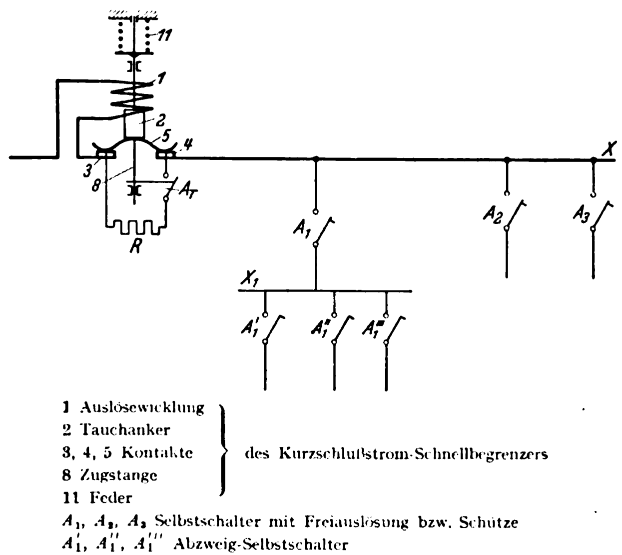
Schaltanordnung für selbsttätige Überstromschalter, Schütze und Kleinselbstschalter

DK 621.316.57

Nur schwer lassen sich Sicherungen und Kleinselbstschalter mit Schnellauslösung so anordnen, daß sie selektiv arbeiten[1]). Diese Umstände veranlaßten den Verfasser, eine neue Schaltung für Selbstschalter und insbesondere für kleine Leitungsschutzschalter vorzuschlagen, die auf folgenden Grundlagen beruht:

1. Leitungsschutzschalter und Schütze mit Überstromrelais werden so konstruiert, daß diese nur verhältnismäßig geringe Überlastungen in der Größenordnung von 100 bis 500 A abzuschalten in der Lage sind. Die thermische Kennlinie dieser Schalter verläuft derart, daß die angeschlossenen Verbraucher bzw. die Leitungen wirtschaftlich ausgenutzt werden. Das Abschalten der verhältnismäßig selten auftretenden hohen Kurzschlußströme wird einem Selbstschalter übertragen, der einer Reihe von Selbstschaltern bzw. Schützen gemeinsam vorgeschaltet wird. Durch Wegfall der elektromagnetischen Überstromauslösung und der Löschwicklung der Selbstschalter kann eine bedeutende Kupfermenge eingespart werden.
2. Das selektive Ansprechen von kleinen Selbstschaltern kann mit der erforderlichen Genauigkeit nur dann erzielt werden, wenn der Überstrom gewisse Werte nicht überschreitet.
3. Höhere Kurzschlußströme werden mit der technisch höchstmöglichen Geschwindigkeit durch ein einziges, für eine Reihe von Selbstschaltern oder Schützen gemeinsames Schaltgerät unterbrochen, das so ausgeführt ist, daß kein Verschweißen der Kontakte stattfindet.

Die angeführten Bedingungen können erfüllt werden, indem man einer Reihe von kleinen Selbstschaltern oder Schützen einen gemeinsamen Kurzschlußstrom-Schnellbegrenzer vorschaltet, der in den Stromkreis in der kürzesten technisch erreichbaren Zeit einen Begrenzungswiderstand einschaltet, der den Kurzschlußstrom auf einen Wert begrenzt, bei dem der beschädigte Netzteil selektiv abgeschaltet wird. Wie Versuchsergebnisse zeigten, gelang es, einen verhältnismäßig billigen Kurzschlußstrom-Schnellbegrenzer zu bauen, dessen Eigenzeit kürzer ist als 1 ms, während die Löschdauer des Lichtbogens bei einem Strom von 1500 bis 2000 A und 220 V Wechselspannung 1,5 bis 2 ms und bei Strömen von 5000 bis 10000 A bei 500 V 4 bis 5 ms betrug.



1 Auslösewicklung
2 Tauchanker
3, 4, 5 Kontakte
8 Zugstange
11 Feder
} des Kurzschlußstrom-Schnellbegrenzers

A_1, A_2, A_3 Selbstschalter mit Freiauslösung bzw. Schütze
A_1', A_1'', A_1''' Abzweig-Selbstschalter
A_T kleiner Selbstschalter als Schutz für R
R Widerstand zum Begrenzen des Kurzschlußstromes
X, X_1 Sammelschienen

Bild 1. Grundsätzliche Schaltanordnung.

In der grundsätzlichen Schaltung (Bild 1) ist einer Reihe von Selbstschaltern A_1 bis A_3 ein gemeinsamer Kurzschlußstrom-Schnellbegrenzer mit den Kontakten *3, 4, 5* vorgeschaltet, dessen beweglicher Kontakt *5* direkt und unverzögert durch den unter Federwirkung stehenden Tauchanker *2* eines Überstromelektromagneten mit der Wicklung *1* ausgeschaltet wird. Der Druck zwischen den Kontakten *5, 3* und *5, 4* wird durch die Druckfeder *11* erzeugt. Eine einfache mechanische oder elektromagnetische Einrichtung dient zum Aufrechterhalten eines konstanten Druckes zwischen den Kontakten bis zu ihrer sprungartigen Trennung. Die Kontakte *3, 4, 5* schalten einen ohmschen Widerstand R in das Netz, der den Kurzschlußstrom auf einen Wert begrenzt, den die durch den Strombegrenzer geschützten Kleinselbstschalter und Schütze sicher ausschalten können. Der erniedrigte Kurzschlußstrom wird sicher und selektiv ausgeschaltet.

Der Widerstand R ist für kurzzeitige Belastung bemessen und wird gegen unzulässige Erwärmung mit einem kleinen Selbstschalter A_T, vorteilhafterweise durch einen serienmäßig erzeugten Kleinselbstschalter, geschützt, der mechanisch mit der vom Tauchanker *2* betätigten Zugstange *8* derart verbunden ist, daß die Kontakte *5* in der Ausschaltstellung verriegelt werden, falls sich der Widerstand R infolge allzulanger Strombelastung unzulässig erwärmt hat und der Selbstschalter A_T anspricht.

Die Selbstschalter mit Freiauslösung A_1 bis A_3 bzw. Schütze besitzen eine unverhältnismäßig größere Eigenzeit als der Kurzschlußstrom-Schnellbegrenzer, dessen Kontakte *5* direkt und unverzögert durch den Tauchanker *2* gesteuert werden. Hieraus geht hervor, daß selbst im Falle, daß die Selbstschalter A_1 bis A_3 mit elektromagnetischer Schnellauslösung versehen sind, der Kurzschlußstrom immer durch den Kurzschlußstrom-Schnellbegrenzer unterbrochen wird und nur das Auslösen der Selbstschalter verursacht, die dann den bereits durch den Widerstand R begrenzten Strom unterbrechen. Bei dieser Schaltungsart können mehrere Selbstschalter hintereinander angeordnet werden. Auch können die Selbstschalter A_1', A_1'' und A_1''' durch elektromagnetische und thermische Auslösung ausgeschaltet werden, während der Gruppenschalter A_1 nur eine thermische Auslösung besitzt.

Entsteht nun ein Kurzschluß, so wird dieser durch den Kurzschlußstrom-Schnellbegrenzer sofort auf einen Wert begrenzt, der durch den Widerstand R gegeben ist. Die Kontakte *5* bleiben so lange offen, bis durch den Widerstand R und die Wicklung *1* kein Strom fließt, d. h. so lange, bis der begrenzte Strom durch den Selbstschalter A_1''', in dessen Stromkreis der Kurzschluß auftrat, unterbrochen wurde. Sobald dies geschehen ist, kehren die Kontakte *5* selbsttätig durch die Wirkung der Feder *11* in ihre Einschaltstellung zurück. Dieser ganze Ausschaltvorgang verläuft bei Selbstschaltern mit elektromagnetischer Auslösung in einer Zeitspanne von 1 bis 3 Hundertstel Sekunden. Verwendet man Selbstschalter mit nur thermischer Auslösung, wächst diese Zeit auf 0,1 bis 0,5 s. Falls der Selbstschalter A_1''', der bereits zum Schalten des begrenzten Kurzschlußstromes bemessen ist, versagt, wird die Sammelschiene X_1 durch den Gruppenselbstschalter oder Hausanschluß-Selbstschalter A_1, der nur mit thermischen Auslösern versehen ist, ausgeschaltet. Das Oszillogramm Bild 2 zeigt den Ausschaltvorgang beim Abschalten des Kurzschlusses durch den Kleinselbstschalter nach vorherigem Begrenzen des Kurzschlußstromes durch den Kurzschlußstrom-Schnellbegrenzer.

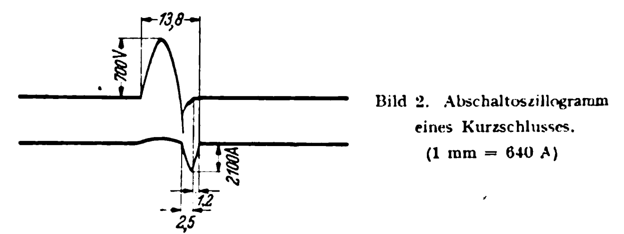


Bild 2. Abschaltoszillogramm eines Kurzschlusses. (1 mm = 640 A)

K. Kesl

[1]) K. Kesl, Sonderdruck erschienen im Verlag ESC Prag-Weinberge, Vogelgasse 3 (1941) 12 S., 30 B.

RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.317.442+.49

Magnetische Prüfung der Verbindungsstellen von Stahl-Aluminiumseilen. [Nach J. E. Reid, Electr. Wld., N. Y. 115 (1941) Nr. 8, S. 74; 1 S., 1 B.]

Zum Prüfen der richtigen Lage der stählernen Seilverbindungsmuffe innerhalb der darüber und über die Seilenden gezogenen Aluminiummuffe bei verlegten Stahl-Aluminium-Freileitungsseilen wurde das im Bild 1 schematisch dargestellte

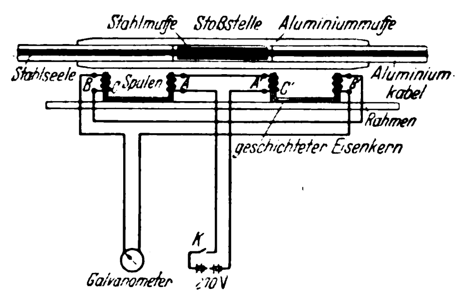


Bild 1. Aufbau der magnetischen Prüfeinrichtung.

magnetische Prüfgerät durchgebildet. Dieses besteht aus zwei Spulenpaaren A, A' und B, B', die auf den Polschenkeln von zwei U-förmigen, an einem Aluminiumrahmen befestigten Kernen aus geblättertem Eisen aufgebracht sind. Die im ungleichen Wicklungssinne hintereinandergeschalteten Spulen A,A' werden über einen Schalter K an 270 V Gleichspannung gelegt und rufen in zwei magnetischen Kreisen Feldflüsse hervor. Der eine dieser Kreise besteht aus dem mit den Spulen A und B besetzten Eisenkern C, der Stahlseele des Leitungsseiles und einem Teil der stählernen Seilverbindungsmuffe. Der andere magnetische Kreis wird aus dem mit den Spulen A' und B' besetzten Eisenkern C', der Stahlseele des Leitungsseiles und dem anderen Ende der stählernen Muffe gebildet. Die Polschuhe der Eisenkerne stehen dabei der Verbindung des elektrisch spannungsfrei gemachten Seiles in einem größeren Luftabstand gegenüber. Bei genau mittiger Lage des stählernen Seilverbinders in der darüber gezogenen Verbindungsmuffe aus Aluminium ist der die Spule B durchsetzende magnetische Feldfluß dem Feldfluß gleich, der die Spule B' durchflutet. Beim Öffnen des Schalters K verschwinden diese Feldflüsse und erzeugen einander entgegengesetzt gleiche Spannungen in den Spulen B und B', so daß das in Reihe mit diesen Spulen geschaltete ballistische Galvanometer G keinen Ausschlag zeigt. Bei einer einseitigen Verlagerung der stählernen Verbindungsmuffe in der Aluminiummuffe sind die vorerwähnten magnetischen Feldflüsse voneinander verschieden und beim Öffnen des Schalters K tritt im Galvanometer ein ballistischer Ausschlag auf. Die mittige Lage der stählernen Verbindungsmuffe und die übereinstimmende Lage der Seilenden an der Stoßstelle kann mit der beschriebenen Vorrichtung bis auf etwa 12 mm genau bestimmt werden. Im Aluminiumseil und der Aluminiummuffe etwa induzierte Wirbelströme beeinflussen die Anzeige des Galvanometers nicht. Mit Hilfe eines Seilverbindungsmusters, bei dem die Enden der Stahlseele allmählich in bekannter Weise gegeneinander versetzt werden, läßt sich das Gerät auch eichen, um noch geringere Abweichungen feststellen zu können. *O. N.*

Elektrische Maschinen

DK 621.314.21.013.5

Beitrag zur Streuungsberechnung bei ein- und mehrphasigen Transformatoren mit mehreren Wicklungen je Kern. [Nach F. Fraunberger, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 9, S. 550; 17 S., 7 B.]

Die Berechnung von Strömen und Spannungen an ein- oder mehrphasigen Transformatoren mit mehreren Wicklungen je Kern erfolgt am einfachsten mittels der Spannungsgleichungen, die, wie gezeigt wird, leicht in eine praktisch brauchbare Form gebracht werden können. In diesen Gleichungen kommen aber Kurzschlußwirk- und Blindwiderstände vor, welche zwar am fertigen Transformator jederzeit meßbar sind, deren Kenntnis aber auch für die Vorausberechnung notwendig ist. Während die Wirkwiderstände ohne weiteres berechnet werden können, ist dies bei den Blindwiderständen nicht der Fall. Ziel und Zweck dieser Arbeit ist nun die Entwicklung praktisch brauchbarer Formeln für die Vorausberechnung dieser Blindwiderstände. Mit Hilfe vereinfachender Annahmen über den Aufbau des magnetischen Feldes im Luftraum gelingt es nun für Transformatoren mit Röhrenspulen die Induktivitäten der Wicklungen und daraus die Kurzschlußblindwiderstände zu berechnen. Als großer Vorteil des vorliegenden Verfahrens muß dabei die Tatsache gewertet werden, daß nur zwei verschiedene Kurzschlußblindwiderstände und damit nur eine kleine Zahl von Formeln für die Vorausberechnung aller möglichen Fälle notwendig sind. Der Ansatz der Spannungsgleichungen und ihre Umformung, die Bestimmung des resultierenden Blindwiderstandes bei vorgegebener Schaltung und seine Berechnung wird sodann an mehreren Beispielen ein- und mehrphasiger Transformatoren gezeigt.

DK 621.313.322—81.017.7

Läufererwärmung von Turbogeneratoren. [Nach F. Moldenhauer, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 10, S. 593; 10 S., 6 B.]

Bei Turbogeneratoren großer Eisenlänge kann man zur Berechnung der Läufererwärmung den Wärmefluß in axialer Richtung mit guter Annäherung an die wahren Verhältnisse vernachlässigen. Man rechnet dann so, daß die in jeder Längeneinheit erzeugte Wärmemenge von eben derselben Längeneinheit an den Luftspalt bzw. an die Lüftungskanäle im Läufereisen abgegeben werden muß. Die diesen Vorgang beschreibenden Differentialgleichungen für die Temperaturen im Läuferwicklungskupfer und in den Läuferzähnen werden aufgestellt und gelöst. Als Ergebnis erhält man die Temperaturverteilung im Nutenkupfer und in den Wellenzähnen und damit auch die zur Beurteilung maßgebliche mittlere Kupfertemperatur. Ausgehend von diesen Gleichungen wird eine Vergleichsrechnung für verschiedene Läufer mit konstantem Kraftlinienfluß, also für Generatoren gleicher Leistung durchgeführt. Die mechanischen und magnetischen Eigenschaften des Läuferwellenstahles sowie die Wärmeleitfähigkeit der Nutisolation wird unverändert beibehalten, geändert wird bei den verschiedenen Läufern lediglich die Spulenzahl je Pol. Es ergibt sich, daß die Läufererwärmung mit steigender Spulenzahl je Pol bedeutend abnimmt. Zur Erzielung günstiger Abkühlungsverhältnisse müssen demnach die Läufer von Turbogeneratoren mit einer möglichst großen Nutenzahl ausgeführt werden.

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.319.331

Umlaufende Scheibe zum Ladungstransport in elektrostatischen Hochspannungsgeneratoren. [Nach L. Fauldrath, Z. Phys. 116 (1940) S. 701; 3 S., 4 B.]

Bei einem van de Graaff-Generator[1]) wird die Höhe der erreichbaren Spannung durch die Isolationsfähigkeit des Transportbandes begrenzt, wenn nicht besondere Vorsichtsmaßregeln für dessen Trocknung ergriffen werden. L. Fauldraht schlägt daher vor, eine feste umlaufende Scheibe aus Isolierstoff zu benutzen, deren Widerstand nur eine geringe Feuchtigkeitsabhängigkeit besitzt. Die Schaltung zeigt Bild 2. Die Ladung wird über den Spitzenkamm k_1 von einem kleinen Transformator über eine Ventilröhre mit der Spannung U_b auf die Scheibe aufgesprüht und auf der Hochspannungsseite über den Spitzenkamm k_2 aufgesogen. Bei der benutzten Umladungsschaltung wird mit einer Spitze S ein kleiner Teil der positiven Beladung abgenommen und der Gegenelektrode des

[1]) Vgl. auch ETZ 626 (1941) S. 958, sowie ETZ 61 (1940) S. 680, dort weiteres Schrifttum.

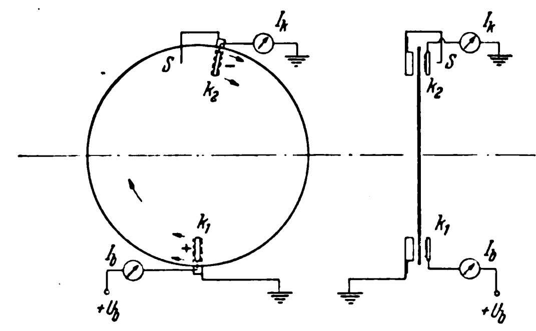


Bild 2. Umladungsschaltung.

Kammes k_2 zugeführt. Der Abstand dieser Nadel wird so geregelt, daß die Spannung zwischen Kamm und Gegenelektrode der Beladungsspannung entspricht. Der Abnahmekamm entzieht der Scheibe die unten aufgesprühte positive Ladung und belädt sie infolge des Feldes zwischen ihm und der Gegenelektrode negativ. Hierdurch wird der Kurzschlußstrom verdoppelt. Bei einem kleinem Modell hatte die Scheibe 70 cm Dmr. und bestand aus 1 mm dickem Pertinax. Der Kurzschlußstrom bei 9 kV Beladungsspannung und 1500 U/min betrug 128 µA, die Flächendichte $1{,}44 \cdot 10^{-9}$ C/cm². *Br.*

DK 621.385.832

Einmalige zeitproportionale Ablenkung bei oszillographischen Vorgängen. [Nach H. Höhl, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 10, S. 591; 2 S., 4 B.]

Auf der Grundlage der sinusförmigen Kondensatorumladung wird ein neues zeitproportionales Kippgerät für einmalige oszillographische Vorgänge entwickelt. Der aufgeladene Kippkondensator wird über einen ohmschen und einen induktiven Widerstand mittels einer Funkenstrecke entladen. Die Kondensatorspannung ist dann eine harmonische Schwingung, deren Größe exponentiell abnimmt. Von dieser Schwingung wird nur das geradlinige Stück der ersten halben Schwingung verwendet, das sich möglichst linear mit der Zeit ändert. Die Rückkehr des Strahls wird durch besondere Maßnahmen verhindert. Der auftretende Linearitätsfehler ist kleiner als 1%, was an einem 10^7 Hz-Oszillogramm nachgewiesen wird.

Lichttechnik

DK 621.327.42

Eigenschaften der Glimmröhre und ihre Verwendbarkeit zu Meßzwecken. [Nach A. Glaser, Arch. techn. Mess. (1940) Lfg. 114, J 832-1; 4 S., 3 B.]

Der Aufsatz gibt in der Hauptsache eine zusammenfassende Darstellung der verschiedenen bekannten Eigenschaften der Glimmröhren. Einleitend werden die verschiedenen leuchtenden Gebilde und die zwischen ihnen liegenden Dunkelräume, ausgehend von an der Kathode entstehenden Astonschen Dunkelraum bis zu dem an der Anode auftretenden anodischen Glimmlicht besprochen. Dabei wird auch darauf hingewiesen, unter welchen Umständen das eine oder andere Gebilde mehr oder weniger fehlen kann. Es folgt dann eine Betrachtung des normalen sowie des anormalen Kathodenfalles, woran sich eine Diskussion der verschiedenen Kennwerte einer Glimmröhre, wie Zündspannung, Brennspannung und Abreißspannung (Löschspannung) schließt. Nach Erörterung der eine Gleichrichtung bei Wechselstromspeisung bewirkenden Umstände wird auf die Trägheitserscheinungen und die damit verbundene Veränderung der Wiederzündspannung eingegangen. Ferner wird auf die besonderen Eigenschaften der mit einer Hilfselektrode (Hilfsanode) bzw. mit einem Steuergitter ausgerüsteten Röhren hingewiesen, wobei auch die im letzteren Falle erreichbare schärfere Definierung der Zündspannung berücksichtigt wird. In einer Zusammenfassung werden schließlich die für meßtechnische Anwendungen wichtigen Merkmale sowie die elektrischen Kennwerte nochmals übersichtlich zusammengestellt. Den Beschluß bilden Angaben über Alterungserscheinungen, den nichtlinearen Zusammenhang zwischen Strom und Spannung und die dadurch leicht eintretenden Verzerrungen bei Wechselstrombetrieb, sowie die auf kurzzeitige Strom- bzw. Spannungsstöße zurückzuführende Zündung und die dadurch bedingten Täuschungsmöglichkeiten bei Messungen mittels Glimmröhren und eine kurze Diskussion des Zündverzuges. *Nwg.*

Elektrowärme

DK 621.365 : 621.791.352.3

Das Hartlöten im elektrischen Ofen. [Nach G. Simon, AEG-Mitt. (1941) S. 20; 4½ S., 11 B.]

Das Hartlöten mit Kupfer[1]) im elektrischen Schutzgasofen ist als neues Verfahren neben Nieten und Verstiften getreten. Um damit einwandfreie Verbindungen von Maschinenteilen miteinander zu erreichen, sind folgende Bedingungen einzuhalten. Das Lot ist richtig auszuwählen; meist wird Kupfer dafür angewendet. Lote mit niedrigerem Schmelzpunkt sind Silber, Silber-Kupfer-Phosphor- und Silber-Zink-Kadmium-Legierungen. Die Löttemperatur ist entsprechend dem verwendeten Lot festzusetzen. Die Lötzeit wird von der Art der Werkstücke bestimmt. Genaues Einhalten ist besonders bei den Loten aus Legierungen notwendig, damit die Festigkeit der Lötstelle hoch wird. Förderlich ist die richtige Vorbereitung der Werkstücke, damit das Lot infolge der Kapillarwirkung in die Lötfugen eindringt. Zusammenzulötende Teile sollen auf Preßsitz gearbeitet sein und ihre Lage zueinander nicht verändern können; gegebenenfalls ist Heften durch Punktschweißen nützlich. Das Lot ist am Werkstück in der Nähe der Lötfuge anzubringen. Die Oberfläche soll rauh, nicht blank sein. Eine schwache Oxydhaut auf der Oberfläche schadet nicht, da das Schutzgas diese reduziert. Dies gilt nicht für Stähle mit mehr als 2% Cr, Mo, Wo, Va u. a.; hierbei sind Flußmittel zu verwenden. Zur Ausführung des Lötvorganges sind elektrisch beheizte Öfen wegen ihrer leichten Temperaturkontrolle am günstigsten. Für Massengüter kleiner Abmessungen werden Förderbandfließöfen, für kleine Erzeugungsmengen oder größere Werkstücke Kammer- oder Stoßöfen mit periodischer Förderung von Hand- oder selbsttätigen Fördereinrichtungen benutzt. Sonderöfen mit eingebautem Ammoniakspalter werden zum Hartlöten von Hartmetallwerkzeugen und Durchlauföfen zum Hartlöten von Rohren aus zusammengerollten, kupferplattierten Blechstreifen benutzt. Eine Anzahl weiterer Beispiele mit Anwendung des Hartlötens bei Büromaschinenteilen, Metallrundfunkröhren, Kondensatoren, Wolframkontakten u. a. ist angegeben. Die technischen und betrieblichen Vorteile des Verfahrens werden kurz angeführt. *Sb.*

Fernmeldetechnik

DK 537.54

Über Messungen an Bremsfeldgeneratoren mit Lechersystemen. [Nach R. Nakamura, Electrotechn. J. Tokio 4 (1940) S. 180; 4 S., 9 B.]

In der vorliegenden Arbeit werden die Eigenschaften von Bremsfeldröhrenschwingungen, gemessen bei 50 bis 60 cm Wellenlänge, an der bekannten Bremsfeldröhrenausführung mit Paralleldrahtleitungen an beiden Enden beschrieben. Zunächst wird der Einfluß von symmetrischen Längenänderungen der beiden Lechersysteme untersucht. Ausgehend von den Stellungen für größte Schwingleistung werden die Kurven für die Anodenströme mit und ohne Belastung und für die Wellenlänge angegeben. Aus diesen Messungen wird die Formel für die Bestimmung der Wellenlänge $\lambda = \frac{700\, d_a}{\sqrt{U_g}}$ (cm) ermittelt. Es zeigt sich, daß die Leitungslänge für maximalen Anodenstrom nicht genau der Länge für größte Ausgangsleistung entspricht. Die Wellenlänge ändert sich bei den Leitungslängen, bei denen die Schwingleistung durch ein Minimum geht, sprunghaft. Zwei weitere Meßreihen wurden bei gleichbleibender Leitungslänge, jedoch veränderlicher Gitterspannung bzw. veränderlicher Anodenspannung aufgenommen. In beiden Fällen ist die Wellenlänge weitgehend konstant, wird also durch die Leitungslänge bestimmt. Die Messungen an Paralleldrahtleitungen ergeben zunächst den Eingangswiderstand der beiderseits abgeschlossenen $\lambda/2$-Leitung zu 14 900 Ω. Der zu dieser Rechnung erforderliche Leitungswiderstand wird aus den Resonanzkurven der mit verschiedenen Widerständen belasteten Leitung bestimmt. Bei den Leitungsabmessungen $d = 2$ cm und 0,5 cm Dmr. ist der Wellenwiderstand $Z = 250\,\Omega$. Mit dem gerechneten Leitungswiderstand $R_s = 4{,}1\,\Omega$ ist die Resonanzschärfe $\varrho = Z/R_s = 60$, während der Eingangswiderstand $R_p = Z^2/R_s$ den genannten Wert annimmt. Nun werden mit einer kompensierten Diode Spannungsmessungen an der $\lambda/4$-Leitung der Bremsfeldröhre vorgenommen. Ausgehend vom Kurzschlußpunkt, in dem die Spannung verschwindet, wird eine sinusförmige Spannungsverteilung gefunden. Für die Spannung

[1]) Vgl. auch ETZ 62 (1941) S. 20 u. 844.

am Röhrensystem werden aus den Messungen und unter Berücksichtigung der Röhrenkapazität die Werte 166 V und 178 V extrapoliert, je nachdem, ob der Sender belastet ist oder nicht. Der Eingangswiderstand der wegen der Röhrenkapazität verkürzten Leitung und gleichzeitig der Röhreneingangswiderstand beträgt: $R_p' = \frac{Z^2 \sin^2 \alpha}{R_s} = 13\,500\,\Omega$. Ebenso folgt aus der Berechnung des Röhrenwiderstandes aus Hochfrequenzleistung und -spannung $R_p = \frac{U_{\text{eff}}^2}{N} \sin^2 \alpha = 13\,600\,\Omega$; diese beiden auf verschiedenen Wegen gefundenen Werte für den Röhrenwiderstand stimmen also gut überein. *Drg.*

DK 621.396.677.1 + .2

Elektromagnetische Mehrfach-Hornstrahler. [Nach W. L. Barrow u. C. Shulman, Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 28 (1940) S. 130; 6 S., 10 B.]

Durch Zusammensetzen mehrerer Hornstrahler zu einem System können besonders günstige Richtwirkungen mit verhältnismäßig kleinen Hörnern erzeugt werden. Diese Mehrfachsysteme können im Ultrakurzwellenbereich weitgehend angewendet werden, z. B. bei Peilungen in der Luftnavigation, für Blindlandesysteme sowie bei Breitbandübertragungen. Es werden dabei drei verschiedene Gruppen der Zusammenschaltung der einzelnen Hörner mit dem Sender bzw. dem Empfänger untersucht: 1. Die einzelnen Hörner sind durch Übertragungsleitungen, die eine Einstellung der Phase und der Amplitude gestatten, miteinander verbunden und werden für Sendung oder Empfang benutzt. 2. Für Empfangszwecke, insbesondere für Hinderniserkennungszwecke, werden die Empfangsfrequenzen erst nach der Demodulation gemischt. 3. Jedes Horn hat eine eigene Träger- und auch Modulationsfrequenz, wobei die einzelnen Geräte wahlweise verbunden sein können.

Zur Bestimmung der Gesamtstrahlungscharakteristik wird zunächst die Einzelstrahlung näher untersucht. Es werden dabei pyramidenförmige Hörner verwendet, an deren Spitze zur Erregung ein Hohlleiter angesetzt ist, der nur die Ausstrahlung von H_{01}-Wellen gestattet. Die Gesamtstrahlung wird nun für Hornanordnungen der ersten Gruppe berechnet, deren Öffnungen in einer Ebene liegen. Durch Phasenänderung der einzelnen Hornstrahlungen kann der Winkel, der die Strahlbreite bestimmt, gesteuert werden. Ebenso werden die Strahlungseigenschaften für die beiden anderen Gruppen bestimmt, die auch steuerbar sind. Es tritt dabei keine gegenseitige Beeinflussung der parellelgestellten Hörner auf, selbst wenn sich deren Ränder berühren, sofern ihre Öffnung mindestens einige Wellenlängen beträgt. Diese Eigenschaft bleibt auch bei Schwenkung der Hörner gegeneinander bestehen, solange der Winkel ihrer Achsen nicht größer als 90° ist. Die Strahlungsmessungen erfolgten bei 8,3 cm Wellenlänge. Ein besonders stabilisiertes Magnetron ist mit dem Hohlleiter geschirmt vereinigt und kann über mehrere Stunden konstant gehalten werden. Bei den Strahlungsmessungen an einer 2-Hörner- und einer 4-Hörneranordnung wurde die gesamte Apparatur auf einer Drehscheibe geschwenkt. Empfangen wurde das unmodulierte Signal mit einem Meßhorn, das auf einen geeichten Kristalldetektor arbeitete. Bei einer Meßdistanz von etwa 40 m (500 Wellenlängen) kann das Sendehorn als Punktquelle angesehen werden. Die Hörner selbst sind teils aus Holz, innen mit Kupferfolie ausgelegt, angefertigt, bei kleineren Abmessungen aus verkupferten Eisenblechen, die an den Rändern punktgeschweißt sind. Die mit diesen Anordnungen gemessenen Strahlungsverteilungen werden in einer Reihe von Diagrammen wiedergegeben. Es zeigt sich dabei deutlich der Einfluß der Steuerung auf die Diagrammform, was für die vielseitigen Anwendungen von Bedeutung ist. *Drg.*

Physik

DK 537.525 : 546.11

Zündung in Wasserstoff. [Nach W. Fucks u. F. Kettel, Z. Phys. 116 (1940) S. 657; 36 S., 17 B.]

Unter dem Einfluß einer ultravioletten Bestrahlung, deren Stärke durch den Sättigungswert I_F des dunklen Vorstroms einer ebenen Funkenstrecke gemessen werden kann, tritt bei der Zündung der Funkenstrecke eine Absenkung der Zündspannung U um einen Betrag ΔU auf[1]). Für diese Absenkung gilt nach einer Theorie von W. Rogowski und W. Fucks das Gesetz:

$$\frac{\Delta U}{U} = K \sqrt{i_F}; \ i_F \text{ die Dichte des Fremdstromes } I_F.$$

Im ersten Teil der referierten Arbeit wird die Gültigkeit dieses Gesetzes in Wasserstoff in einem Parameterbereich $p \cdot L$ (Druck mal Schlagweite) von etwa 5 bis 500 cm Torr geprüft und bestätigt. Die Messungen wurden an abgezogenen Röhren durchgeführt, deren Glasteile ausgeglüht und deren Metallteile ausgewirbelt worden waren. Die Wasserstoffreinigung wurde nach bekannten Verfahren durchgeführt, und der Wasserstoff schließlich durch Paladiumröhrchen der Röhre zugeführt. Die Zündspannungen waren auf 1 ‰ konstant.

Die zweite Aufgabe der referierten Arbeit bestand in einer Untersuchung der Rückwirkung. Es handelt sich dabei um die Frage, auf welche Weise, nachdem in einer Funkenstrecke die Elektronenlawine durchgelaufen ist und Lawinenprodukte (ionisierte, angeregte oder dissoziierte Atome bzw. Moleküle) zurückgelassen hat, die Erzeugung neuer Anfangselektronen für die nachfolgenden Lawinen zustande kommt.

Die Rückwirkung in Wasserstoff wurde zunächst für den Fall verschwindenden Fremdstroms ($I_F = O$) studiert. Dazu wurde aus der Townsendschen Zündbedingung

$$\gamma\,(e^{\alpha L} - 1) = 1$$

die Funktion γ in Abhängigkeit vom Quotienten aus Feldstärke und Druck ausgerechnet mit Hilfe von gemessenen Werten der Zündspannung U der Ionisierungsfunktion α der Elektronen und der Schlagweite L. Die so bestimmte γ-Funktion hat bei kleinen Feldstärkewerten ein relatives Maximum und steigt bei großen Werten der Feldstärke monoton an. Diese γ-Funktion läßt sich in ihrem ganzen Verlauf wenigstens qualitativ durch eine lichtelektrische Rückwirkung deuten. Im Bereich des relativen Maximums wird die lichtelektrische Deutung praktisch auch quantitativ allein wesentlich sein. Bei größeren Feldstärkewerten wird die positive Oberflächenionisierung nicht mehr gänzlich zurücktreten und in der Umgebung des Durchschlagminimums in nennenswertem Ausmaß mitbestimmend sein.

Die Rückwirkung wird fernerhin studiert, bei der Zündung mit nennenswertem Fremdstrom ($I_F > O$). Hierbei findet die Rückwirkung ihren Ausdruck in der Konstanten K des Wurzelgesetzes. Die Theorie, welche eine Rückwirkung durch Stoß der positiven Ionen auf die Kathodenoberfläche annimmt, kommt in dem Bereich, in welchem die γ-Funktion mit wachsender Feldstärke absinkt, für die Deutung der Zündspannungssenkung nicht in Betracht. Das gleiche gilt für die lichtelektrische Theorie der Zündspannungssenkung, wenn und insofern sich im Bereich des Anstiegs der γ-Funktion deren Verlauf durch ein wachsendes Verhältnis des Anregungskoeffizienten ε zum Ionisierungskoeffizienten α der Elektronen erklären sollte. In den übrigen Bereichen sind die genannten Theorien grundsätzlich zuständig. Die tatsächliche Gültigkeit der beiden Theorien wird an einer in der referierten Arbeit abgeleiteten Ähnlichkeitsbeziehung geprüft.

Es wird dafür die Frage untersucht, welche Bedingung für alle überhaupt denkbaren Theorien gelten muß unter der Voraussetzung zweier gleichzeitig geltender Forderungen:

a) es soll das Wurzelgesetz gelten,
b) es sollen die Ähnlichkeitsgesetze gelten.

Es zeigt sich, daß aus diesen beiden Forderungen für den Zusammenhang zwischen der Absenkungskonstanten K im Wurzelgesetz und dem Produkt aus Druck und Schlagweite eine Gleichung folgt:

$$\frac{K}{L} = f\,(p\,L).$$

Es sollte danach der Quotient aus Absenkungskonstante und Schlagweite nur noch vom Produkt aus Druck und Schlagweite abhängig sein, so daß also die ganzen Absenkungsverhältnisse eines bestimmten Gases von diesen beiden Parametern durch eine einzige Kurve dargestellt werden könnten. Das Experiment lehrt, daß diese Forderung bei Wasserstoff nicht erfüllt ist. Alle durch gleichzeitige Gültigkeit von a und b gekennzeichneten Theorien können somit den wesentlichen Teil des Effekts nicht erklären.

Damit ergibt sich, da jede brauchbare Theorie das Wurzelgesetz liefern muß, daß in Abänderung von b) außer ähnlichkeitstreuen Prozessen mindestens ein nichtähnlichkeitstreuer Prozeß wesentlich mit ins Spiel treten muß. Hierfür kommen bei Wasserstoff, da metastabile Zustände ausscheiden, stufen-

1) Vgl. ETZ 61 (1940) S. 481.

weise Ionisierung über angeregte Zustände, vielleicht unter besonderer Berücksichtigung der Resonanzstrahlung, oder Erzeugung des Eigenlichtes der Entladung durch Rekombinationsleuchten dissoziierter Moleküle in Frage. *eb.*

Chemie

DK 621.352.32

Fortschritte beim Herstellen von Trockenbatterien. [Nach C. Drotschmann, Chemiker-Ztg. 65 (1941) S. 53; 4 S., 11 B.]

Bei einer Jahreserzeugung von rd. 500 Mill Einzelzellen ist die Ersparnis menschlicher Handarbeit überaus wichtig. Daher wurden für die Fertigung der Zinkbecher, Puppen und Elektrolyte sowie ihre Verarbeitung und zum Zusammenbau entsprechende maschinelle Sondereinrichtungen[1]) geschaffen, die die erforderlichen Arbeitsgänge selbsttätig ausführen. Aufbau und Arbeitsweise der selbsttätigen Puppenpresse, Wickelmaschine, Füll- und Kochmaschinen, Deckel-Schweiß- und Taschenlampenbatterie-Einbaumaschine sowie der automatischen Drahtschweißmaschine werden kurz beschrieben und die hauptsächlichsten Arbeitsgänge der Rohstoffverarbeitung angegeben. Die wichtigsten Werkstoffumstellungen im Trockenbatteriebau beziehen sich auf das Einsparen von Braunstein, Gaze, Garn, Weizenmehl, Messing, Kupfer, Zink und Lötzinn. Ungewickelte Puppen scheinen sich wegen ihrer Unbeständigkeit nicht recht einzuführen. Die

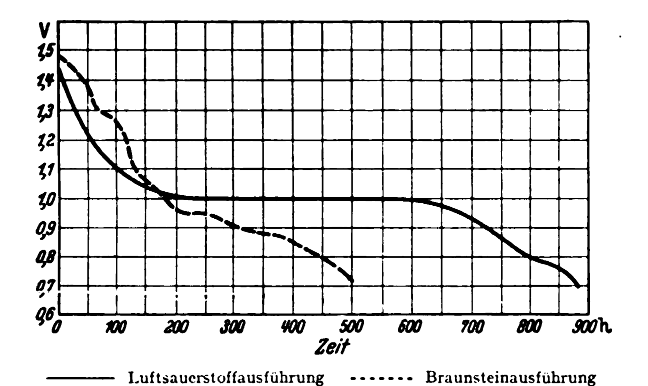


Bild 3. Entladungen zweier gleichgroßer Trockenelemente von 55 × 55 × 110 mm mit werktäglich 4 h über 15 Ω.

Messing- und Kupferteile lassen sich durch vermessingtes, kadmiertes oder verzinktes Eisen ersetzen. Statt des Lötens der Kontakte und Verbindungen wurde ähnlich wie in der Starkstromtechnik auf das elektrische Widerstandsschweißen übergegangen; auch hierfür sind teilweise selbsttätige Schweißeinrichtungen in Betrieb. Ein Wiedergewinnen der Rohstoffe aus verbrauchten Batterien ist unwirtschaftlich und wird nicht angewendet. Besondere Bedeutung erlangten die Luftsauerstoffbatterien, die seit 1934/35 fabrikationsmäßig als Trockenelemente herstellbar sind. Durch Zusatz bestimmter chemischer Verbindungen gelang es, ein vorzeitiges Verstopfen der Poren der Aktivkohleelektrode zu verhindern. Die Vorteile des Luftsauerstoffverfahrens sind: Ersatz des devisenverbrauchenden Braunsteins durch einheimische Aktivkohle, um mehr als 50% gegenüber einem gleichgroßen Braunsteinelement verbesserte Elementleistung und Kapazität, eine waagerecht ausgerichtete Entladungskurve (Bild 3) und außerdem eine bedeutende Gewichtsersparnis, da die Elektrode aus Aktivkohle nur etwa die Hälfte einer gleichgroßen Braunsteinelektrode wiegt. Die Anwendung des Luftsauerstoffverfahrens auf Kleinzellen für Taschenlampen und Anodenbatterien bereitete zuerst erhebliche fabrikatorische Schwierigkeiten, gelang aber doch im Jahre 1940, so daß seitdem solche Batterien serienmäßig hergestellt werden. Dabei sind die Gestehungskosten dieser Luftsauerstoffbatterien allerdings um etwa 12% höher als die von entsprechenden Braunsteinbatterien. In Verbindung mit neuen, angepaßten Glühbirnen ergeben sich aber recht günstige Batterieleistungen[2]). *an.*

[1]) C. Drotschmann, Herstellung von Trockenbatterien. Z. VDI 84 (1940) S. 181.
[2]) ETZ 61 (1940) S. 1168.

Werkstatt und Baustoffe

DK 621.315.616.1

Kautschuk in der elektrotechnischen Industrie. [Nach A. J. Wildschut, De Ingenieur, Beilage Materialenkennis. 7 (1940) Nr. 3, S. 14; 13 S., 9 B., 6 T.]

Während bei Schwachstrom und Niederspannung die elektrischen Eigenschaften des Gummis gewöhnlich mehr als ausreichend sind, gilt dies nicht bei Hochspannung und Hochfrequenz. Ausgehend von den Theorien von Wagner und Debye werden die elektrischen Verhältnisse im Isolierstoff Gummi eingehend analysiert und eine Erklärung der im Fachschrifttum bisher veröffentlichten Isolationswerte, Dielektrizitätskonstanten, Verlustziffern und Durchschlagswerte für rohen und gereinigten (eiweißfreien) Kautschuk, für technische Gummivulkanisate mit und ohne Elementarschwefel sowie für leitende Gummimischungen gegeben. Insbesondere wird die Änderung der Dielektrizitätskonstante und der Verlustziffer im Bereich der technisch vorkommenden Frequenzen und Temperaturen an Beispielen erläutert. Auf Grund seiner Ausführungen kommt der Verfasser zu bestimmten Richtlinien für die Entwicklung einer Hochspannungs- und einer Hochfrequenz-Gummiisolierung. Eine verlustarme Hochspannungsmischung wird hiernach erreicht durch geringen Füllstoffgehalt, dielektrische Homogenität der Mischung durch Auswahl der Füllstoffe hinsichtlich Dielektrizitätskonstante und Leitfähigkeit, möglichst kleine und kugelförmige Füllstoffteilchen, gute Dispersion der Mischung u. a. Für eine Hochfrequenzisolierung wird die Verwendung von gereinigtem Kautschuk empfohlen, ferner geringer Füllstoffgehalt, Auswahl der Füllstoffe aus möglichst schwach polaren Verbindungen, Vulkanisation möglichst ohne Elementarschwefel, geringe Wasseraufnahme der Mischung usw. Der Aufsatz enthält zahlreiche Schrifttumsnachweise und eine Zusammenstellung der den Veröffentlichungen entnommenen und der Erörterung zugrunde gelegten elektrischen Werte. *Wb.*

AUS LETZTER ZEIT

Nachweiskartei für neue Erfindungen. — Das Amt für technische Wissenschaften im Zentralbüro der Deutschen Arbeitsfront hat im Einvernehmen mit der Reichsgruppe Industrie und dem Reichsstand des Deutschen Handwerks die Errichtung einer Nachweiskartei begonnen, in die alle Betriebe eingetragen werden, die an der Erwerbung neuer Erfindungen in dem Rahmen ihres Fabrikationsprogramms interessiert sind. Dieselben können sich unter Angabe ihres Fabrikationsprogramms direkt an das Amt für technische Wissenschaften der Deutschen Arbeitsfront, München 5, Erhardtstraße 36, wenden. Erfindern, die ihre Patente und neuen Erfindungen auf ihre allgemeine Brauchbarkeit prüfen lassen und von den durch die Nachweiskartei geschaffenen Möglichkeiten Gebrauch machen wollen, steht es ebenfalls frei, sich unter Beifügung der Unterlagen an das genannte Amt zu wenden.

DK 621.318.32

Neuer Magnetstahl[1]). — Unter der Bezeichnung Hipersil (*high-per*meability *sil*icon steel) wird auf einen neuen Siliziumstahl hingewiesen, dessen magnetischer Sättigungswert bei derselben Magnetisierungsstärke um etwa ein Drittel höher liegt als der üblichen Siliziumstahls. Die verbesserten Eigenschaften werden durch ein besonderes Walzverfahren und eine Wärmebehandlung erzielt, die zu einer bevorzugten Anordnung der Kristallgitter führen. Um die günstigen Eigenschaften des neuen Stahles auszunutzen, muß der Werkstoff so verwendet werden, daß seine Textur in Richtung des magnetischen Feldes liegt. Im anderen Falle werden schlechtere Ergebnisse als mit üblichem Siliziumstahl erzielt. Erste Anwendungen des neuen Werkstoffes in Verteilungstransformatoren sollen zu um 25% verringerten Gewichten und Größen geführt haben, wodurch auch die Kupferverluste vermindert und die kurzzeitige Überlastungsfähigkeit gesteigert wurden. Auch die Magnetostriktion des neuen Werkstoffes ist verringert, so daß selbst bei höherer Feldstärke keine Zunahme des Transformatorengeräusches eintritt. *O. N.*

[1]) Electr. Engng. 60 (1941) S. 260.

VERSCHIEDENES

Mitgliedsbeiträge für das Geschäftsjahr 1942

Wir machen nochmals darauf aufmerksam, daß die Beiträge für das neue Geschäftsjahr (siehe Veröffentlichung ETZ, Heft 44/45 vom 6. 11. 41, S. 910) bis spätestens

31. Dezember 1941

zur Einzahlung zu bringen sind. Postscheckkonto Berlin 181000.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. im NSBDT
Der Geschäftsführer
Viefhaus

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker (Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84

Normen für Kunstharz-Preßteile

Der VDI-Fachausschuß für Kunst- und Preßstoffe und unter Zugrundelegung der VDI-Richtlinien für die Gestaltung von Kunstharz-Preßteilen ein Einheitsblatt

DIN E 7710: „Kunstharz-Preßteile, Toleranzen"

ausgearbeitet, das bereits erschienen und vom Beuth-Vertrieb GmbH., Berlin SW 68, Dresdener Str. 97, zu beziehen ist.

Es ist beabsichtigt, dieses Einheitsblatt zu überarbeiten und unter Berücksichtigung etwaiger Einwände als Normblatt herauszugeben. Das jetzt vorliegende Einheitsblatt ist demnach als Entwurf zu dem endgültigen Normblatt zu betrachten.

Einwendungen gegen den Entwurf können bis zum 1. Februar 1942 an die Geschäftstelle des VDE eingereicht werden.

Rundfunkstörungen

Der Ausschuß für Rundfunkstörungen hat folgende Entwürfe aufgestellt:

VDE 0876 „Vorschriften für Störspannungsmeßgeräte"

VDE 0877 „Leitsätze für die Messung von Funkstörspannungen".

Abzüge der Entwürfe können bei der Geschäftstelle angefordert werden.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftstelle bis zum 1. Februar 1942 einzureichen.

Drähte und Kabel

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hat einen Entwurf zu

VDE 0251 U „Umstell-Vorschriften für Leitungen für Werkzeugmaschinen"

aufgestellt.

Abzüge des Entwurfs können bei der Geschäftstelle des VDE angefordert werden.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftstelle bis zum 15. Januar 1942 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Vortragsreihe

Der VDE Bezirk Berlin veranstaltet in der Zeit vom 9. 1. bis 6. 3. 1942 in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule eine Vortragsreihe des Herrn Prof. Dr. W. Heisenberg, Leipzig, über das Thema:

„Die Physik der Atomkerne"

1. Vortrag (9. 1. 1942) „Historische Entwicklung der Atomtheorie".
2. Vortrag (16. 1. 1942) „Das Atom". Inhalt: Das Atom in der Chemie und in der Warmelehre; das Bohr'sche Atommodell, Quantentheorie, Wellenmechanik.
3. Vortrag (23. 1. 1942) „Die Bausteine des Atomkerns". Inhalt: Radioaktive Prozesse; die bei Atomzertrümmerung auftretenden Teilchen, Protonen und Neutronen.
4. Vortrag (6. 2. 1942) „Die normalen Zustände der Atomkerne". Inhalt: Kerne verglichen mit Flussigkeitstropfen aus einer einheitlichen Materie, Oberflächenspannung, Coulomb'sche Kräfte.
5. Vortrag (13. 2. 1942) „Die Kernkräfte" Inhalt: Die Reichweite und Größe der Kernkräfte. Symmetrie- und Austauschcharakter der Kräfte. Theorie der Massendefekte.
6. Vortrag (20. 2. 1942) „Die Kernprozesse". Inhalt: Der radioaktive Zerfall; Kernumwandlung durch geladene und ungeladene Teilchen. Kernspaltung.
7. Vortrag (27. 2. 1942) „Die technischen Hilfsmittel". Inhalt: 1. Methoden zum Nachweis der Kernprozesse: Zählrohr, Wilsonkammer usw. 2. Methoden zur Erzeugung der Kernprozesse: radioaktive Substanzen, Hochspannungsanlagen, Cyklotron.
8. Vortrag (6. 3. 1942) „Die praktischen Anwendungen". Inhalt: Die praktischen Anwendungen in der Chemie, Biologie und Medizin.

Zeit: Freitags, pünktlich 18^{00}.

Ort: Technische Hochschule, Berlin-Charlottenburg, Kurfürstenallee 20—22, Großer Hörsaal des Physikalischen Instituts.

Teilnehmerkarten sind erhältlich:

a) bei Abholung: im Außeninstitut der Technischen Hochschule, Zimmer 235 (Hauptgebäude), Fernruf: 31 00 11, Apparat 262.

b) bei rechtzeitiger Voreinsendung des Betrages an den VDE Bezirk Berlin, Berlin-Charlottenburg, Postscheckkonto Berlin 451 63, erfolgt Zusendung der Teilnehmerkarten durch die Post.

Der Preis für sämtliche Vorträge beträgt:

für NSBDT-Mitglieder	8 RM
für Studenten	4 RM
für sonstige Teilnehmer	12 RM

Karten für einzelne Vorträge werden nicht ausgegeben. Die Kleiderablage ist frei.

VDE Bezirk Berlin
vormals Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender

VDE Bezirk Mittelhessen, Frankfurt a. M. 7. 1. 42 (Mi), 18^{00}, Kunstgewerbeschule: „Zur Physik der elektrischen Nachrichtenübertragung". Dr.-Ing. Holzler.

Reichsstelle für Arbeitsschutz, Berlin. 6. 1. bis 24. 3. 42 (Dienstags) 16^{00}, Fraunhoferstr. 11—12: 17. Lehrgang über Entstehung und Verhütung von Berufskrankheiten. Teilnehmergebühr für die ganze Vortragsreihe 10 RM, für den Einzelvortrag 1,50 RM. Näheres durch die Reichsstelle für Arbeitsschutz, Berlin-Charlottenburg, Fraunhoferstr. 11—12. Fernruf: 34 09 36.

PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

G. Marschner †. — Für Führer, Volk und Vaterland fiel im Osten als Major in einem Feldartillerie-Regiment am 18. Oktober Herr Direktor Gottfried Marschner, Vorstandsmitglied der Aktiengesellschaft für Licht- und Kraftversorgung, München.

A. Esau. — Staatsrat Prof. Dr. A. Esau VDE von der T. H. Berlin wurde zum Präsidenten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ernannt.

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.3(083.133)

VDE-Vorschriftenbuch. Die Bestimmungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker im NS-Bund Deutscher Technik nach dem Stande am 1. Januar 1941. Herausgegeb. v. der Geschäftsstelle des VDE. 23. Aufl. Mit zahlr. B., XVI u. 1448 S. sowie 1 Beilage „VDE-Umstell-Vorschriften" mit IV u. 79 S. Format A 5. ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin 1941. Preis geb. 16,20 RM; für VDE-Mitglieder 14,60 RM; bei portofreier Rückgabe eines Exempl. d. 22. Aufl. 13,80 RM.

Im gewohnten Abstand von etwa zwei Jahren ist die neue Auflage ihrer Vorgängerin wie immer in tadelloser Ausstattung gefolgt. Liegt damit schon eine beachtliche verlegerische Leistung vor, so wird doch die Größe der Arbeit erst recht deutlich, wenn man die Änderungen seit 1939 betrachtet. Nicht weniger als 23 Bestimmungen sind erstmalig oder in völlig umgestalteter Fassung aufgenommen. Fast alle Gruppen sind an dem Ausbau beteiligt, d. h. die ehrenamtlichen Mitglieder der vielen Fachausschüsse und die Geschäftsstelle sind trotz des Krieges rastlos und mit großem Erfolg tätig gewesen, um das Vorschriften- und Normenwerk des Verbandes auf der Höhe zu halten. Damit ist ein technisch und wehrwirtschaftlich gleich wichtiger Dienst geleistet.

Die Umstellvorschriften, in denen vor allem Fragen der Austauschwerkstoffe Beachtung finden, sind dem Band als besonderes Heft beigefügt. Umstellmaßnahmen werden einen dauernden Bestandteil der VDE-Bestimmungen bilden. Die während des Krieges erschienenen Richtlinien für die probeweise Zulassung neuartiger Bauweisen und Werkstoffe und die sogenannten K-Bestimmungen sind als Maßnahmen, die nach dem Kriege entfallen werden, im Vorschriftenbuch unberücksichtigt geblieben.

Schon in früheren Jahren stieg die Wichtigkeit des VDE-Buches von Auflage zu Auflage. Diesmal ist dadurch, daß der europäische Wirtschaftsraum in ganz neuer Bedeutung erscheint, ein besonders großer Schritt vorwärts getan. Die deutsche Elektrotechnik hat ihren Tatwillen und ihr Können und damit ihren Führungsanspruch unter Beweis gestellt. So geht der neue Band des Vorschriftenwerks hinaus als ein Sendbote selbstbewußten Gemeinschaftswirkens, der seinen Platz nicht nur in Büchereien, sondern vor allem in der lebendigen Hand des schaffenden Praktikers finden wird.

R. Vieweg VDE

DK 621.317.8

Elektrizitätstarife und -verträge. Bearb. von Dr.-Ing. G. Schnaus. Herausg. von der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung und dem Reichsverband der Elektrizitätsversorgung. Mit 384 S. u. 4 Tabellenfaltblättern. Lose Blätter im Ringbuch Format A 5. Nachträge erscheinen laufend. Franckhsche Verlagshandlung, Berlin 1941. Preis 18,40 RM.

Das jetzt von der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung herausgegebene Werk „Elektrizitätstarife und -verträge", welches von Schnaus bearbeitet worden ist, bildet eine wertvolle Ergänzung des bereits in der ETZ 59 (1938) S. 1249 besprochenen Buches „Elektrizitätstarife". Im Gegensatz zu dem seinerzeit herausgegebenen Buches werden jetzt nicht nur die Haushaltstarife, sondern auch die Gewerbetarife, Landwirtschaftstarife, Kleinstabnehmertarife einschl. sämtlicher Sondertarife behandelt. Außerdem enthält das Buch alle Verordnungen und Ergänzungen, die inzwischen herausgekommen sind und das Gebiet der Elektrizitätstarife behandeln. Ebenso enthält es Hinweise über die von den einzelnen E. V. U. bei der Einführung eines Tarifes zu unternehmenden Schritte. Das Buch selbst bildet somit ein unentbehrliches Hilfsmittel für jeden Mann, der sich mit Elektrizitätstarifen befaßt. Besonders zu erwähnen ist die Tatsache, daß das beiliegende Werk in der Loseblattform herausgegeben worden ist, so daß die Möglichkeit besteht, laufend Ergänzungen auch für die Zukunft vorzunehmen

W. Willing VDE

DK 621.3(075)

Fachkunde für Elektriker. 1. Teil: Grundlagen der Elektrotechnik (Fachrechnen und Fachkunde). Von W. Blatzheim, K. Uhrmann † und F. Schuth. 9. Aufl. Mit 137 B., VI u. 145 S. Preis kart. 2,60 RM. — 2. Teil: Elektrische Maschinen und Meßgeräte (Fachkunde und Fachrechnen). Von W. Blatzheim. 6. Aufl. Mit 225 B., VI u. 191 S. Preis kart. 3,80 RM. — 3. Teil: Die Installation von Starkstromanlagen. Von W. Blatzheim. 4. Aufl. Mit 321 B., VIII u. 249 S. Preis kart. 4,80 RM. Format C 5. B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1940 u. 1941.

Die neue Auflage enthält keine wesentlichen Änderungen gegenüber der früher[1]) besprochenen Auflage. Die Bücher kennzeichnen den Verfasser als methodisch arbeitenden Lehrer, dem die Praxis seines Faches ständig vor Augen schwebt.

Für die nächste Auflage seien einige Vorschläge zur Abrundung genannt: Im Teil 1 könnte auch die voreilende Phasenverschiebung erwähnt, im Teil 3 die Leitungsverbindungen, vor allem die Besonderheiten für Aluminium zusammengefaßt und eingehender behandelt werden. Im Teil 2 wären die physikalischen Vorgänge in Maschinen, Transformatoren u. dgl. besser verständlich, wenn das Wichtigste über Magnetismus und Elektromagnetismus in einem besonderen Abschnitt erörtert würde. Erfahrungsgemäß ist es für einen Lernenden z. B. sehr schwierig, sich in die Unterschiede im Verhalten von Wechselstrommagneten gegenüber Gleichstrommagneten hineinzudenken. Dafür könnten wohl Seltenheiten wie der Kaskadenumformer und einige der Schaltungen von Einphasenmotoren fortfallen.

Es ist erfreulich, daß die „Fachkunde" in hervorragendem Maße zur Ausbildung der Elektriker beiträgt.

K. Hoerner VDE

DK 669.2.:8

Jahrbuch der Metalle 1941. Bearbeiter: Hans v. Schulz, Wirtschaftsgruppe Metallindustrie. Herausgeber: Engelbert Klein. Mit 355 S. im Format A 5. Verlag Dr. Georg Lüttke, Berlin 1941. Preis geb. 7,50 RM.

Das in erster Ausgabe vorliegende „Jahrbuch der Metalle" soll dem großen Kreis aller mit Metallfragen befaßten Techniker und Wirtschaftler eine gedrängte Übersicht der im Laufe eines Jahres erfolgten Neuerungen auf diesem Gebiet geben. In der ersten Ausgabe mußte dazu als Ausgangspunkt eine Darstellung des „Standes der Technik" treten.

Durch Heranziehung führender Fachleute aus Forschung, technischer Praxis und Wirtschaft, beziehungsweise Bewirtschaftung für die Bearbeitung der zahlreichen aufgegriffenen Einzelfragen ist die gestellte Aufgabe im wesentlichen erfüllt worden. Zuerst werden in 20 technisch ausgerichteten Beiträgen die Metallgewinnung vom Erz an, die wichtigsten technologischen Fragen der Metallverarbeitung, Richtlinien des Metalleinsatzes mit besonderer Berücksichtigung des Austausches von Sparstoffen und die Prüfung der metallischen Werkstoffe, meist mit ausführlichen Hinweisen auf das Fachschrifttum, behandelt. In weiteren zehn Beiträgen werden wirtschaftliche und Betriebsfragen erörtert, sowie die für den Metallmann wichtigsten Gliederungen der Wirtschaft und der Behörden dargestellt, wobei eine eingehende Würdigung der Reichsstelle für Metalle und ihres Aufgabenkreises hervorzuheben ist. Der Stand der Normung auf dem Metallgebiet ist eingehend behandelt. Ein statistischer Teil bringt neben einer sehr ausführlichen Darstellung der Preisentwicklung, die mehr historischen Wert hat, die bis Ende 1938 geführten Welterzeugungs- und Verbrauchszahlen der wichtigsten Nutzmetalle. Der abschließende Tabellenteil von etwa 80 Seiten gibt das wichtigste Zahlenmaterial für den Tagesgebrauch. Es ist selbstverständlich, daß im ersten Anlauf weder das ganze große Gebiet restlos erfaßt, noch eine völlige Gleichwertigkeit der einzelnen Beiträge erzielt werden konnte; das auszugleichen, wird eine lohnende Aufgabe für die in Aussicht gestellten folgenden Jahrbücher sein. Man wird dabei vor allem ein Ein-

[1]) ETZ 60 (1939) S. 1300.

gehen auf metallographische Zusammenhänge und Darstellungen, ohne die heute auch praktische Metallkunde undenkbar ist, erwarten können. Sehr zu begrüßen wäre auch eine zusammenfassende Erörterung der Zusammenhänge zwischen Elektrotechnik und Metallwissenschaft und -Wirtschaft. Jedenfalls wird aber das „Jahrbuch der Metalle" auch schon in seiner vorliegenden Form jedem mit Metallfragen Befaßten ein wertvoller Ratgeber sein. W. Deisinger

DK 620.191.2

Messung und Verhütung der Metallkorrosion. Richtlinien und ausgewählte Beispiele. Von Dr.-Ing. habil. F. Tödt. Mit 55 B., XIII u. 164 S. im Format 140 × 190 mm. Verlag W. de Gruyter & Co., Berlin 1941. Preis geb. 9 RM.

Die Darstellung der Korrosion von F. Tödt hat zwei Eigenarten: Sie ist auf das Praktische ausgerichtet, was sich bereits im Titel bemerkbar macht, und sie ist kurz. Das zweite, durchaus als Vorzug zu beurteilende Merkmal, hat zur Folge, daß die Darstellung im Stil knapp ist und sich auf die Hauptsachen beschränkt. Wie der Verfasser betont, wendet sich sein Werk in erster Linie an diejenigen, die keine Zeit oder keine Möglichkeit haben, ausführliche Handbücher über Korrosion und den Korrosionsschutz zu lesen. Einem solchen Ziel entsprechend, ist das Werk ausgezeichnet geglückt. Die Darstellung ist klar und ausgeglichen, sie bringt trotz des geringen Raumes eine Fülle von wissenswertem Material; fast überall findet man kurze Hinweise auf das ausführlichere Schrifttum, so daß der Leser immer die Möglichkeit hat, auch tiefer in ein Problem einzudringen. Es braucht nicht betont zu werden, daß man in der Darstellung überall einen Meister des Gebietes spürt. Die ziemlich ausführliche Schilderung der Meßverfahren der Korrosion zeichnet sich neben ihrer Vollständigkeit durch eine ausgezeichnete kritische Bewertung der einzelnen Verfahren aus.

So ist das Werk jedem Praktiker, der es mit Metallen und damit mit Korrosion zu tun hat — und welcher Praktiker hat das nicht in geringerem oder größerem Maße —, vor allen Dingen aber auch dem Elektrotechniker sehr zu empfehlen. Es sei jedoch betont, daß auch der Kenner der Korrosion das Buch von F. Tödt mit Genuß liest und mit Interesse seine Stellungnahme zu verschiedenen Problemen verfolgt.

G. Masing VDE

DK 621.397.5

Aus dem Reiche der Millionstel Sekunde. Von Prof. Dr. F. Tank. Neujahrsblatt, herausg. v. d. Naturforschenden Gesellschaft in Zürich auf die Jahre 1940 und 1941. Mit 30 B. u. 49 S. im Format 165 × 240 mm. Komm.-Verlag Gebr. Fretz AG., Zürich 1941.

Der Verfasser, als Pionier der Hochfrequenztechnik bekannt, berichtet in diesem Büchlein über die auf der Schweizerischen Landesausstellung gezeigten Fernsehgeräte in allgemein verständlicher Form, insbesondere über die als Leuchtschirm-Abtaster für Personen und Filme benutzte Kaltkathodenstrahlröhre, die Studioeinrichtung und den Fernsehempfänger. Um dem Nichtfachmann das Hineinfinden in den schwierigen Stoff zu erleichtern, gibt der vorhergehende größere Teil des Buches eine Einführung in die Physik und Technik der Elektronen, die Technik der elektrischen Schwingungen und in die Grundlagen des Fernsehens. Die klare anschauliche Darstellung macht das Lesen des Buches selbst für den Fachmann zum Vergnügen; es sei allen denjenigen warm empfohlen, die sich kurz und ohne Mühe über das Fernsehen unterrichten wollen. M. Knoll VDE

DK 541.1

Einführung in die Stöchiometrie. Mit Aufgaben und Lösungen. Von Dr. P. Nylén und Dr. N. Wigren. Mit VIII und 160 S. im Format 150 × 220 mm. Verlag von Theodor Steinkopff, Dresden und Leipzig 1941. Preis kart. 6 RM.

Das Büchlein ist die deutsche Übertragung der 3. Auflage eines schwedischen Leitfadens der Stöchiometrie. Es wird auch für den deutschen Hochschulunterricht von Nutzen sein; denn einmal haben wir unter der fast überreichen Einführungs-, Grundriß- und Lehrbuchliteratur für das Chemiestudium nur wenige ähnliche Anleitungen zum elementaren Rechenhandwerkszeug des Chemikers; anderseits kennt erfahrungsgemäß jeder Unterrichtende deren Zweckmäßigkeit schon aus der Unbeholfenheit, mit der viele angehende — und selbst noch fortgeschrittenere — Studierende den einfachsten chemischen Berechnungen gegenüberstehen. Der Zuschnitt des kleinen Buches nach Auswahl der Anwendungsgebiete, Rekapitulation grundlegender Begriffe und Gesetze und Stellung von Übungsaufgaben ist geschickt und durchdacht und verspricht auch dieser deutschen Ausgabe Erfolg und Verbreitung. Heinrich Menzel

DK 621.753.2

Passung und Gestaltung (ISA-Passungen). Von Dr.-Ing. P. Leinweber. Mit 184 B., 1 Rechentafel, VI u. 240 S. im Format 165 × 240 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1941. Preis geh. 14 RM, geb. 15,50 RM.

Die Schaffung der Grundlage für eine neuzeitlich austauschbare Fertigung bedeutet sicher ein Programm. Wenn es P. Leinweber in seinem Buch: „Passung und Gestaltung" übernimmt, diesem Programm einen wertvollen Inhalt zu geben, so ist er nicht nur dabei einem technischen Ruf gefolgt, sondern will auch aus seiner Rüstkammer das hergeben, was der Technik zu fehlen scheint. Die Passungskunde, noch vor Jahrzehnten ein Buch mit sieben Siegeln, gewinnt allmählich reale Gestalt, nachdem DIN- und ISA-Normen für die technische Gestaltung und Fertigung ein Begriff geworden sind. Der Verfasser, dessen Buch „Toleranzen und Lehren" der Fertigungstechnik schon einmal ein praktisches Hilfsmittel an die Hand gegeben hat[1]), enttäuscht mit dem vorliegenden niemand, der sich mit der notwendigen Modernisierung eines Betriebes beschäftigt.

Der Verfasser schafft zuerst für den Leser zum Verständnis seines Buches die erforderlichen geschichtlichen Grundlagen über Arbeitsteilung, Austauschbau und Normung. Die Massenanfertigung bzw. der Massenbedarf sind bekanntlich die ersten Ursachen zur Schaffung der Passungssysteme. Sie werden gewürdigt und die in ihnen enthaltenen Passungstoleranzen eingehend besprochen. Dies geschieht aber nicht nur allgemein, sondern für Wälzlager, Passungen für Normteile, spanlos verformte Teile, Kunstharzpreßteile und solchen aus keramischen Baustoffen sowie Holzteilen. Mit Recht erscheint dem Verfasser der Einfluß der Passungen auf die Umgebung der Paßstelle, auf Gestaltung und Berechnung von besonderer Bedeutung. Den neuesten Zweigen der Passungswissenschaft: der Passungsgeometrie und der Passungsmechanik widmet er besondere Kapitel. Sie sind sicher zum erstenmal für den Werkstattmenschen eingehend und verständlich dargestellt. Einige Kapitel über Passungsmechanik vervollständigen das Bild über Passung und Gestaltung. Es wird jeder Leser dieses Buches, sobald er sich ernsthaft prüft, erkennen, was er noch tun muß, um sich und seinen Betrieb dem zeitgemäßen Stand der Fertigungstechnik anzupassen. Er findet hier die Grundlagen zur Umstellung und Organisation. Es ist daher dankbar anzuerkennen, daß der Verfasser seinen vielseitigen Erfahrungen einen großen Kreis zur Verfügung stellt. E. Damerow

EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten]

Wissenschaftliche Abhandlungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Band 24. Mit zahlr. B. u. 282 S. im Format A 4. Verlag von S. Hirzel, Leipzig 1940. Preis kart. 21 RM.

[Der vorliegende Band enthält 43 Abhandlungen von Mitgliedern der PTR aus dem Jahre 1940. Die Abhandlungen sind bereits früher in wissenschaftlichen Zeitschriften erschienen, so daß eine genauere Besprechung sich erübrigt. Für die Leser dieser Zeitschrift sind von besonderer Bedeutung die Arbeiten: C. Mörder, Messung der Oberwelligkeit von Wechselspannungen, W. Steinhaus und A. Kußmann, Momentfreie Feldspule für Magnetometermessungen, A. Schulze, Über die Gold-Chrom-Widerstandslegierung für Normalwiderstände, E.-F. Richter, Dielektrischer Verlustfaktor und Verlustziffer von keramischen Werkstoffen bei Wechselspannung von technischer Frequenz und Temperaturen zwischen 100° und 500°, A. Schulze, Über Widerstandswerkstoffe für Normalwiderstände, F. I. Meister, Schwingungsmessung mittels Trägerstrom]. *W. Br.*

Elektrizität. Technisches Zeitbild aus der Schweizerischen Landesausstellung 1939. Mit 354 B. u. 220 S. im Format 225 × 305 mm. Verlag „Elektrowirtschaft", Zürich 1, 1941. Preis geb. 28 SFr.

[Das recht gut ausgestattete Buch berichtet über die Abteilung „Elektrizität" der Schweizerischen Landesausstellung 1939 und gibt damit gleichzeitig einen Querschnitt von der Leistungsfähigkeit der schweizerischen elektrotechnischen Industrie und Elektrizitätswirtschaft.]

[1]) ETZ 61 (1940) S. 792.

Technisch-mathematische Aufgabensammlung. Von Studienrat Dr. W. Mischke. Mit zahlr. B. u. 52 S. im Format A 5. Otto Elsner Verlagsges., Berlin 1941. Preis kart. 1,90 RM.

[In Ergänzung der vom gleichen Verfasser herausgegebenen „Grundlagen der Mathematik" wurde die kleine Sammlung elementarer technischer Aufgaben und Anwendungsbeispiele zusammengestellt, die sich in der Systematik dem ursprünglichen Lehrbüchlein anschließt, jedoch so gehalten ist, daß sie den Technikern aller Fachrichtungen neue Anregungen und Hinweise zum Vervollständigen von Grundkenntnissen geben kann. Das Bändchen enthält Abschnitte mit Aufgaben über die Grundrechnungsarten, einfache geometrische Aufgaben und solche zur Buchstabenrechnung, Aufgaben zur Gleichungslehre und zur Berechnung von Winkelfunktionen. Zahlreiche Skizzen erläutern die den allgemeinen technischen Arbeitsgebieten entnommenen Aufgaben. Die Lösungen der Aufgaben am Schluß erlauben eine Selbstkontrolle.] *an.*

OK-Transformatoren-Tabelle in Werten bis zu 1000 Watt (in Kurven- bzw. Diagramm-Ausführung). Zu beziehen durch Otto Kreutzer, Nürnberg-W., Fürther Str. 65.

[Zwei doppelt-logarithmisch geteilte Tafeln tragen Kurven zur Entnahme des Kernquerschnittes, der Windungszahlen, des Drahtdurchmessers und des Wickelquerschnittes als Funktion der Leistung. Erläuterung und Beispiel sind beigefügt. Die Ergebnisse stützen sich auf Erfahrungen des Verfassers und sind brauchbar. Bei der Anwendung ergeben sich gewisse Widersprüche zwischen den Ablesungen aus den stetig verlaufenden Kurven und den nur in Sprüngen erhältlichen Drahtdurchmessern bzw. Kernquerschnitten einer Kernreihe. Die hiernach erforderlichen Aufrundungen sind im Beispiel berücksichtigt.] *Rei.*

Berufsbildungsplan für den Lehrberuf Schmelzschweißer. Bearb. vom Reichsinstitut für Berufsausbildung in Handel und Gewerbe. Mit 27 S. im Format A 5. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1941. Preis geh. 0,50 RM.

[Der vom Reichsinstitut für Berufsausbildung in Handel und Gewerbe bearbeitete Berufsausbildungsplan berücksichtigt die Erlasse des Reichswirtschaftsministers vom 13. 2. und 5. 7. 1939, steht im Einvernehmen mit der Arbeitsgemeinschaft der Industrie- und Handelskammern in der Reichswirtschaftskammer für die Ausbildung in industriellen und energiewirtschaftlichen Betrieben und wurde durch die Reichsgruppen Industrie und Energiewirtschaft anerkannt. In der Berufsübersicht mit auf drei Jahre herabgesetzter Lehrzeit sind die Arbeitsgebiete sowie die notwendigen und erwünschten Fertigkeiten angegeben. Die weiteren Abschnitte behandeln die Einführung des Jugendlichen, die Erziehung im Betrieb und die berufliche Ausbildung. Letztere unterteilt sich in allgemeine Hinweise, Umfang der Fertigkeiten und Kenntnisvermittlung im Betrieb sowie in Zeitplanbeispiele.] *E. T.*

Technisches Taschenwörterbuch in italienischer und deutscher Sprache. Herausg. von H. Liepe unter Mitarb. v. Dr. M. Lorandi. 1. Teil: Deutsch-Italienisch. 2. Teil: Italienisch-Deutsch. Mit je 139 S. im Format 115 × 150 mm. Georg Siemens Verlagsbuchhandlung, Berlin 1941. Preis kart. je Bd. 3,80 RM.

[Die beiden Bändchen geben mit insgesamt etwa 12 000 Stichwörtern eine Auswahl der wichtigsten Ausdrücke der Technik in beiden Sprachen. Dabei erstreckt sich der Wortschatz über die technischen Grundwissenschaften hinaus auch auf Sondergebiete wie Luftfahrt, Funktechnik usw. Wenn in dem gegebenen Rahmen natürlich eine Vollständigkeit nicht geboten werden konnte, so vermißt man doch einige viel gebrauchte Ausdrücke. Allgemeine Kenntnisse der Fremdsprache werden selbstverständlich vorausgesetzt. Es wäre aber wünschenswert, die grammatikalischen Angaben etwas zu erweitern. Wichtig ist für den Benutzer vor allem, ob das genannte Zeitwort transitiv oder intransitiv ist. Ebenso erscheint noch bei einigen technischen Synoymen und Wörtern mehrfacher Bedeutung nähere Erläuterung zweckmäßig. Angenehm wäre auch eine Betonungsangabe bei Wörtern wie atomo, catodo, trapano. Wegen des handlichen Formates wird man diese Wörterbücher für den mündlichen Verkehr gern zu Rate ziehen. Aber auch für den technischen Briefwechsel und für die Lektüre lassen sie sich vorteilhaft verwenden.] H. Anschütz VDE

Wie ermittelt der Betrieb das betriebsnotwendige Kapital und die verbrauchsbedingte Abschreibung? Von Dipl.-Kfm. Dr. K. Schwantag und Dipl.-Kfm. E. Wagner. Mit 3 Schaubildern u. 38 S. im Format 170 × 240 mm. Hanseatische Verlagsanstalt, Hamburg 1941. Preis kart. 2 RM.

[Die vorliegende Schrift erläutert diese alle deutschen Betriebe interessierenden Fragen an Hand von zahlreichen der Praxis entnommenen Beispielen, bringt die Zusammenhänge zwischen Abschreibung und betriebsnotwendigem Kapital und deren Auswirkungen auf die Höhe des Gewinnes zur Darstellung und zeigt, wie mit einfachem Verfahren die gegebenen Anweisungen befolgt werden können.] *E. O.*

2 PS machen Karriere. Von Ch. Hilker. Mit 32 B. u. 108 S. im Format 200 × 265 mm. Steiniger-Verlage, Berlin 1941. Preis geb. 6,50 RM.

[In sehr anschaulicher Weise werden in dem gut ausgestatteten Buch der Werdegang der „Carl F. W. Borgward Automobil- und Motoren-Werke" und ihres Gründers Carl Borgward geschildert. Der Leser erfährt von der Geburtsstunde des „Blitzkarrens" von dem mühevollen Arbeiten zu einer vollendeten Konstruktion, von dem wechselnden Glück dieses Unternehmens, das sein Gründer und Leiter durch alle Fährnisse hindurch zur heutigen Größe gelenkt hat.]

VDI-Richtlinien. Gestaltung und Anwendung von Gummiteilen. VDI 2005. Ausgabe Mai 1941. Aufgestellt vom VDI-Fachausschuß für Kunst- und Preßstoffe. Mit 92 B. u. 22 S. im Format A 4. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1941. Preis geh. 2 RM.

[Eine Arbeitsgruppe des VDI-Fachausschusses für Kunst- und Preßstoffe hat in gedrängter Form Angaben über die Eigenschaften der verschiedenen Gummisorten, über die Herstellung von Weichgummiteilen und die bei der Gestaltung solcher Teile, wie Federungen, Kupplungen, Dichtungen, Schläuche, Reifen, Keilriemen, Walzen, Kabel und Leitungsmäntel usw., zu beachtenden Gesichtspunkte übersichtlich zusammengestellt. Ein kurzer Abschnitt ist auch dem Hartgummi gewidmet. Das Heft will in erster Linie dem Konstrukteur die Erfahrungen der Fachwelt über Gestaltung und Anwendung von Gummiteilen vermitteln und bringt zu diesem Zweck eine Fülle anschaulicher Beispiele in der Form „Falsch — Richtig". Angaben über die Lagerung und Wartung, eine Übersicht über die Normen und Prüfvorschriften für Gummi sowie ein Schrifttumsverzeichnis beschließen die dankenswerte Arbeit. Sie ist auch für den Elektro-Ingenieur von Interesse in Bezug auf die Anwendung von Weichgummiteilen bei Elektromaterial, z. B. bei Steckvorrichtungen, für Handlampengriffe usw.] *Kry.*

Estatistica das Instalacoes Eléctricas em Portugal. Ano de 1939. Herausgeber: Ministério das Obras Publicas e Communicacoes. Mit XL, 6 S. farb. Taf. u. 422 S. im Format 175 × 270 mm. Lissabon 1941.

Doktordissertationen

Josef Himpan, Allgemeine Untersuchungen über den Strahlenverlauf in elektrostatischen Ablenkfeldern. T. H. Berlin 1940 (Sonderdr. aus Ann. Phys., Lpz., 5. Folge, 39 (1941) H. 6 u. 7).

Berichtigung

In dem Bericht „Zukunftsmöglichkeiten der Energieversorgung Finnlands" auf S. 938 lfd. Jahrg. muß die Quellenangabe unter der Überschrift richtig wie folgt lauten:

Nach E. Tavia, Kraft och Ljus (1941) S. **125**; 8½ S., 15 B.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Ing. E. Bohn, Hamburg 20, Haynstr. 44
Obering. W. Höpp VDE, Berlin-Heiligensee, Str. 2, Nr. 64
Dipl.-Ing. E. Weis VDE, Leuna, Kaufhausstr. 8

Abschluß des Heftes: 12. Dezember 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Springer-Verlag, Berlin W 9
62. Jahrgang | Berlin, 31. Dezember 1941 | Heft 52/53

Über die Kompoundierung gittergesteuerter Gleichrichter

(Mitteilung aus dem Laboratorium des Siemens-Röhrenwerkes der Siemens-Schuckertwerke AG.)

Von H. König, Berlin.

DK 621.314.6

Übersicht. Soll einem Gleichstromverbraucher bei einstellbarer Leerlaufspannung eine vom Strom unabhängige Spannung zugeführt werden, so muß die EMK des Generators infolge der inneren Spannungsabfälle in geeigneter Weise vom Strom gesteuert werden. Die Kompoundierungsbedingung wird abgeleitet und besprochen sowie für einen Zweiphasen-Gleichrichter zahlenmäßig ausgewertet.

1. Einleitung

Gittergesteuerte Gleichrichter, die heute an vielen Stellen wegen ihrer einfachen Steuermöglichkeit mit großem technischen Vorteil eingesetzt werden, bieten die Möglichkeit, mit verhältnismäßig geringem Aufwand an Schaltelementen einen weitgehend von der Belastung unabhängigen Generator herzustellen. Solange nur die Forderung gestellt wird, daß der Gleichrichter bei einer bestimmten, unveränderlichen Spannung belastungsunabhängig arbeitet, ist die Lösung einfach; ungleich verwickelter wird sie jedoch, sobald verlangt wird, daß die EMK einstellbar und die Kompoundierung im ganzen Einstellbereich sichergestellt ist.

Die beiden Forderungen, Einstellbarkeit der EMK und weitgehende Kompoundierung über den ganzen Regelbereich, stellen an den Aufbau des Steuersatzes Anforderungen, die in einfacher Weise nur mit besonderen Steueranordnungen erfüllt werden können. Der Grund hierfür ist darin zu suchen, daß im allgemeinen die Genauigkeit der Kompoundierung in hohem Maße von der Größe der eingestellten Leerlaufspannung bzw. von der sie bestimmenden Einstellgröße abhängig ist. In solchen Fällen ist für das Erreichen einer ausreichenden Kompoundierung eine geeignete Kopplung zwischen Einstellgröße und Kompoundierungseinfluß erforderlich. Wird z. B. die Gleichspannung durch Verändern der Anodenwechselspannung eingestellt und der Zündwinkel durch Ändern der Gleichstromvormagnetisierung einer im Steuerkreis befindlichen Drossel im Sinne einer Kompoundierung verändert, so ist der Kompoundierungseinfluß stark von der Einstellgröße, in diesem Falle von der Anodenwechselspannung, abhängig. Jedoch kann durch geeignete Wahl des Steuersatzes eine weitgehende Kompoundierung unabhängig von der Einstellgröße erreicht werden. Die hierbei an den Steuersatz zu stellenden Bedingungen werden im folgenden näher erörtert.

2. Die Kompoundierungsbedingung

Im folgenden wird vorausgesetzt, daß die Verluste des Generators und Verbrauchers durch einen konstanten Reihenwiderstand ersetzt werden können. Von einem im gleichen Kreis liegenden Widerstand wird die zum Kompoundieren nötige, dem Strom proportionale Spannung abgegriffen. Diese Widerstände seien in dem Verlustwiderstand R_v zusammengefaßt. Eine solche Anordnung kann schematisch nach Bild 1 dargestellt werden. Generator und Verbraucher sind demgemäß als verlustlos anzusehen. Über die Art der Spannungseinstellung und Kompoundierung wird keine besondere Voraussetzung gemacht. Die EMK des Generators ist eine Funktion der Einstellgröße S und infolge der vorausgesetzten Kompoundierung zusätzlich vom entnommenen Strom abhängig. Wird die Einstellgröße S für den Augenblick als fest betrachtet, so kann die Kompoundierungsbedingung, wenn i_1 und i_2 zwei beliebige Stromwerte sind, folgendermaßen beschrieben werden:

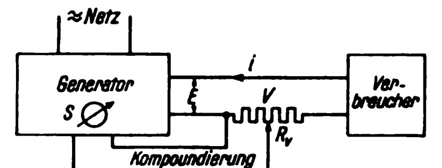


Bild 1. Grundsätzliche Schaltung eines Generators mit Kompoundierung.

$$E(S, i_1) - i_1 R_v = E(S, i_2) - i_2 R_v$$

oder

$$\frac{E(S, i_2) - E(S, i_1)}{i_2 - i_1} = R_v .$$

Geht man zur Grenze $i_1 \to i_2$ über, so erhält man:

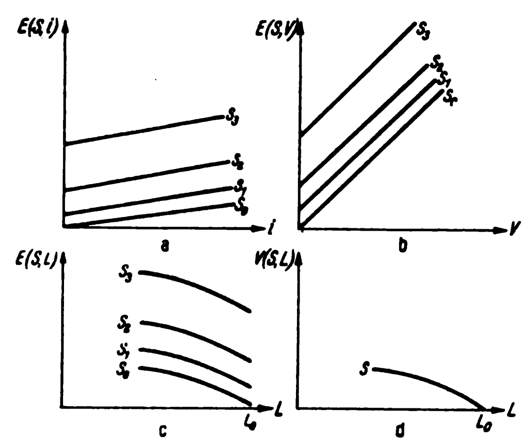
$$\frac{\partial}{\partial i} E(S, i) = R_v . \qquad (1)$$

Diese Differentialgleichung muß für alle in Betracht kommenden Stromwerte i und für alle Werte der Einstellgröße S erfüllt werden. Die Integration von Gl. (1) liefert:

$$E(S, i) = R_v i + E(S, 0) . \qquad (2\,a)$$

Die durch Gl. (2 a) ausgedrückte Kompoundierungsbedingung besagt, daß sich die EMK des vollständig belastungsunabhängigen Generators aus zwei Teilen zusammensetzen muß, von denen der erste Teil, nämlich die Verlustspannung, nur vom Strom, der zweite, nämlich die EMK des unbelasteten Generators, nur von der Einstellgröße S abhängen darf. In Bild 2 a ist diese Tatsache graphisch dargestellt. Durch die Geradlinigkeit wird die vollständige Kompoundierung für einen bestimmten Wert der Einstellgröße gewährleistet, durch die Parallelität wird die Unabhängigkeit der Kompoundierungsgenauigkeit von der Einstellgröße sichergestellt. Je größer der Verlustwiderstand R_v ist, um so steiler verlaufen die Geraden. Setzt man für die Verlustspannung

$$R_v i = V ,$$



a, b Abhängigkeit der Generator-EMK von Strom- und Einstellgröße
c Abhängigkeit der Generator-EMK von der Kompoundierungsgröße
d Zusammenhang zwischen Verlustspannung und Kompoundierungsgröße

Bild 2. Graphische Darstellung der verschiedenen Kompoundierungsbedingungen.

so ergibt sich (Bild 2b):

$$E(S, V) = V + E(S, 0). \qquad (2b)$$

Die EMK des kompoundierten Generators ist letzten Endes zwar vom Strom i bzw. der Verlustspannung abhängig, unmittelbar aber von einer die EMK neben der Einstellgröße S mitbestimmenden Größe, die wir kurz als Kompoundierungsgröße bezeichnen wollen; sie wird unmittelbar durch den Strom i bzw. die Spannung V beeinflußt. Häufig wird für dieses Schaltelement eine Drossel verwendet, deren Induktivität in einfacher Weise durch Gleichstrommagnetisierung verändert werden kann. Die Größe dieser Induktivität bestimmt den stromabhängigen Anteil der EMK. Die Kompoundierungsgröße sei kurz mit L bezeichnet, wobei es sich natürlich nicht immer um eine Induktivität handeln muß. Stellt man die EMK des Generators als Funktion von L dar, so ergibt sich eine Kurvenschar (Bild 2c) gemäß der Beziehung:

$$E(S, L) = V + E(S, L_0), \qquad (2c)$$

wobei unter L_0 der Wert von L beim Strom $i = 0$ zu verstehen ist. Da die in den folgenden Beispielen benutzten Kompoundierungsgrößen fast ausschließlich Induktivitäten sind, ist die Darstellung in Bild 2c so gewählt, daß die EMK mit abnehmendem L ansteigt. Die Unabhängigkeit der Kompoundierung von der Einstellgröße S kommt in dieser Darstellung dadurch zum Ausdruck, daß sämtliche Kurven durch Verschieben längs der Ordinatenachse ineinander übergeführt werden können. Die Kurvenform wird nur durch die besonderen Eigenschaften der gesamten Schaltanordnung bestimmt. Bei einem Gleichrichter geht somit neben den Eigenschaften des Steuersatzes noch der Zusammenhang zwischen abgegebener EMK und dem Zündwinkel, d. h. die Phasenzahl und die Belastungsart ein.

Aus Gl. (2c) läßt sich unmittelbar die zum Kompoundieren notwendige Kennlinie der Kompoundierungsgröße, d. h. der Zusammenhang zwischen L und V, angeben; danach ist

$$V(S, L) = E(S, L) - E(S, L_0). \qquad (2d)$$

Man erhält die entsprechende Kurve aus Bild 2c, indem man jede Kurve dieser Schar um die EMK $E(S, L_0)$ des unbelasteten Zustandes nach unten verschiebt. Ist die Kompoundierungsbedingung vollständig erfüllt, so fallen sämtliche Kurven nach dieser Verschiebung zusammen und stellen die Kennlinie der Kompoundierungsgröße dar (Bild 2d). Der Verlauf dieser Kennlinien ist, wie schon oben erwähnt, durch die Eigenschaften der gesamten Steueranordnung bestimmt. Im folgenden wird immer stillschweigend vorausgesetzt, daß sich jede beliebige Kennlinienform, wie sie von der jeweiligen Steueranordnung verlangt wird, auch in Wirklichkeit herstellen läßt. Zumindest kann sie meist mit hinreichender Genauigkeit angenähert werden.

Ist hingegen die Kompoundierungsbedingung nicht für alle möglichen Werte von S erfüllt, so sind die Kurven in Bild 2a, b und c nicht parallel, und man erhält an Stelle von Bild 2d eine ganze Schar von Kennlinien, die sich alle in einem Punkt schneiden (Bild 3). Gibt man der Kompoundierungsgröße z. B. die zu S_1 gehörige Kennlinie, so wird vollständige Kompoundierung erreicht, wenn die Einstellgröße den Wert S_1 hat. Für die Werte $S_2, S_3 \ldots$ wird unterkompoundiert, für S_0 überkompoundiert. Hat die Einstellgröße den Wert S_2 und die Verlustspannung den Betrag $\overline{OA}$, so wird durch die teilweise Kompoundierung die Abweichung $\overline{OA}$ der Verbraucherspannung von der Leerlaufspannung auf den Betrag $\overline{CD}$ herabgesetzt; denn die Verlustspannung V ruft gemäß der wirklichen Kennlinie ein Absenken der Induktivität von L_0 auf L_1 hervor, während zur vollständigen Kompensation ein Absenken bis L_2 notwendig wäre. In der geschilderten Weise kann aus dem Kennlinienfeld von Bild 3 die Genauigkeit einer Kompoundierung jederzeit leicht ermittelt werden. Im allgemeinen wird man die wirkliche Kennlinie in die Nähe einer solchen Kurve legen, die einem kleinen Wert der Leerlaufspannung entspricht, um den prozentualen Fehler auch bei niedrigen Spannungen möglichst klein zu halten.

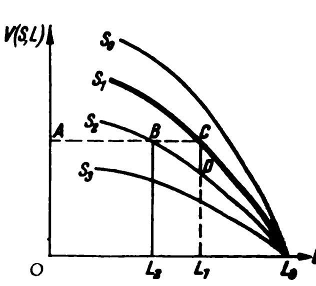


Bild 3. Kennlinienschar der Kompoundierungsgröße.

Bei einem gittergesteuerten Gleichrichter hängt die Leerlaufspannung E vom Zündwinkel ϑ ab. Ist die Phasenzahl und die Schaltung des Gleichstromkreises gegeben, so ist damit E (ϑ) festgelegt. Bei einem Zweiphasen-Gleichrichter mit einer Glättungsdrossel beliebig großer Zeitkonstante im Gleichstromkreis gilt beispielsweise die Beziehung

$$E(\vartheta) = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U \cos\vartheta = E_h \cos\vartheta, \qquad (3)$$

wobei U die Phasenspannung bedeutet. Das Einstellen der Leerlaufspannung kann auf zwei verschiedene Arten, nämlich durch Beeinflussen des Zündwinkels oder durch Verändern der Phasenspannung vorgenommen werden. Kompoundiert soll in beiden Fällen durch Gittersteuerung werden.

Im ersten Fall ist der Zündwinkel von der Einstellgröße S und von der Verlustspannung V abhängig, und es gilt

$$E[\vartheta(S, V)] = V + E[\vartheta(S, 0)]. \qquad (4)$$

Die partielle Ableitung von Gl. (4) nach V liefert die Beziehung

$$\frac{\partial E}{\partial \vartheta} \cdot \frac{\partial \vartheta}{\partial V} = 1$$

oder

$$\frac{\partial E}{\partial \vartheta} = \frac{\partial V}{\partial \vartheta}. \qquad (5)$$

Die Gleichungen (4) und (5) besagen, daß die Kurvenschar $V(S, \vartheta)$ aus der Kennlinie $E(\vartheta)$ durch Parallelverschieben entlang der Ordinatenachse hervorgeht. Ist ϑ_2 der Zündwinkel, der bei Leerlauf $(V = 0)$ zu dem Wert S_2 der Einstellgröße gehört, so stimmt die entsprechende Kennlinie für V mit dem Kurvenbogen $\widehat{AB}$ der Kennlinie $E(\vartheta)$ überein (Bild 4).

Im zweiten Fall hängt ϑ nicht von S ab, und die Leerlaufspannung hat die Gestalt

$$E(S, \vartheta) = F(S)\, G(\vartheta). \qquad (6)$$

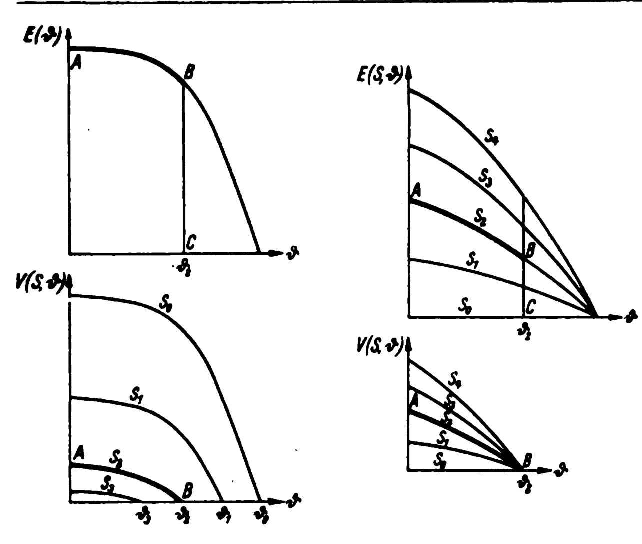


Bild 4. Kennlinienschar des Steuersatzes für $E = E(\vartheta)$.

Bild 5. Kennlinienschar des Steuersatzes für $E = E(S, \vartheta)$.

Für verschiedene Werte von S erhält man somit eine ganze Schar von Kurven, aus der analog wie im ersten Fall die Kurvenschar $V(S, \vartheta)$ ermittelt werden kann (Bild 5).

Als Beispiel für die obenstehende allgemeine Ausführung betrachten wir einen gittergesteuerten Zweiphasen-Gleichrichter mit einer Drossel beliebig großer Zeitkonstante im Gleichstromkreis. In diesem Zusammenhang werden im folgenden drei Steuersätze betrachtet, die verschiedene Kompoundierungsgüte aufweisen.

3. Steuersatz I mit Phasenbrücke

Der Steuersatz, den wir zuerst betrachten wollen, stellt im wesentlichen eine Phasenbrücke dar, deren Phasenwinkel durch den Einstellwiderstand R von Null bis 180° verändert werden kann (Bild 6). Die Kompoundierungsgröße L wird durch zwei in Reihe geschaltete Drosseln dargestellt, die je eine Gleichstromwicklung besitzen. Diese sind so in Reihe geschaltet, daß sich die Wechselspannungen auf der Gleichstromseite aufheben. Ist λ der Bruchteil der Wechselspannung, der den Durchmesser des inneren Halbkreises bestimmt, und sind die Widerstände r und $l\omega$ gleich groß, so gilt:

$$\mathfrak{V}_\vartheta = \mathfrak{V}_R - \mathfrak{V}_r - \frac{\lambda - 1}{2}\mathfrak{V}; \quad \mathfrak{V}_R = \frac{R}{R + \mathrm{j}\,L\,\omega}\mathfrak{V};$$

$$\mathfrak{V}_r = \frac{\lambda}{1 + \mathrm{j}}\mathfrak{V}.$$

Daraus ergibt sich:

$$\mathfrak{V}_\vartheta = \left\{\frac{R^2}{R^2 + L^2\omega^2} - \frac{1}{2} - \mathrm{j}\left[\frac{R\,L\,\omega}{R^2 + L^2\omega^2} - \frac{\lambda}{2}\right]\right\}\mathfrak{V}.$$

Wird die Steuerspannung $\mathfrak{V}_\vartheta$ durch einen geeigneten Gittertransformator genügend hoch übersetzt, so ist bei Glühkathoden-Stromrichtern der Winkel ϑ gleichzeitig der Zündverzögerungswinkel. Aus obiger Gleichung ergibt sich in bekannter Weise:

$$\operatorname{tg}\vartheta = \frac{2\,R\,L\,\omega - \lambda\,(R^2 + L^2\omega^2)}{R^2 - L^2\omega^2}. \qquad (7)$$

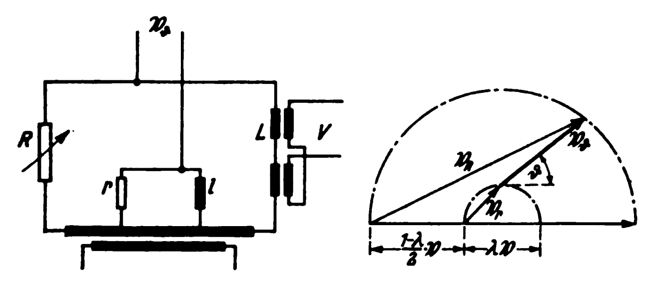


Bild 6. Schaltung und Verhalten des Steuersatzes I mit Phasenbrücke.

Bezeichnet man mit R_{90} den Wert von R, der bei unbelastetem Gleichrichter, d. h. unmagnetisierter Drossel (L_0) dem Zündwinkel von 90° entspricht, so geht Gl. (7) über in:

$$\operatorname{tg}\vartheta = \frac{2\frac{R}{R_{90}}\frac{L}{L_0} - \lambda\left[\left(\frac{R}{R_{90}}\right)^2 + \left(\frac{L}{L_0}\right)^2\right]}{\left(\frac{R}{R_{90}}\right)^2 - \left(\frac{L}{L_0}\right)^2}. \qquad (7\,a)$$

Aus dieser Gleichung ergibt sich zusammen mit Gl. (3) für die EMK des kompoundierten Gleichrichters:

$$\frac{E\left(\frac{R}{R_{90}}, \frac{L}{L_0}\right)}{E_h} = \left[\left(\frac{R}{R_{90}}\right)^2 - \left(\frac{L}{L_0}\right)^2\right]\left\{(1 + \lambda^2)\left(\frac{L}{L_0}\right)^4 - 4\lambda\left(\frac{L}{L_0}\right)^3\frac{R}{R_{90}} + 2(1 + \lambda^2)\left(\frac{L}{L_0}\right)^2\left(\frac{R}{R_{90}}\right)^2 - 4\lambda\frac{L}{L_0}\left(\frac{R}{R_{90}}\right)^3 + (1 + \lambda^2)\left(\frac{R}{R_{90}}\right)^4\right\}^{-1/2}. \qquad (8)$$

Diese Beziehung entspricht der allgemeinen Gl. (2 c), wobei R/R_{90} als Parameter bzw. Einstellgröße und L/L_0 als Veränderliche aufzufassen sind. Wie man aus dem homogenen Charakter von Gl. (8) erkennt, ist die EMK eine Funktion von L/R und kann nicht als Summe von zwei Funktionen dargestellt werden, wie es die Kompoundierungsbedingung verlangt.

Gemäß der Beziehung

$$V\left(\frac{R}{R_{90}}, \frac{L}{L_0}\right) = E\left(\frac{R}{R_{90}}, \frac{L}{L_0}\right) - E\left(\frac{R}{R_{90}}, 1\right)$$

ergibt sich aus Gl. (8) in einfacher Weise der Zusammenhang zwischen V und L, d. h. die Kennlinienschar der Kompoundierungsgröße L; für $\lambda = 0{,}5$ ist diese in Bild 7 dargestellt. Als Parameter ist, wie auch in allen folgenden Bildern, an Stelle der Einstellgröße die eingestellte Leerlaufspannung E_0 gewählt. Um den prozentualen Fehler möglichst klein zu halten, wird man die wirkliche Kennlinie mit einer solchen der Schar zusammenfallen lassen, die einem kleinen Wert von E_0 entspricht. Gibt man der Kennlinie die Form, wie für $\frac{E_0}{E_h} = 0{,}2$ gefordert ist, so wird bei dieser Leerlaufspannung vollständig kompoundiert, bei größerer unter-, bei kleinerer überkompoundiert. Beträgt beispielsweise die bei voller Aussteuerung abgegebene EMK $E_h = 100$ V, die Verlustspannung $V = 20$ V, so ist bei einer Leerlaufspannung von 60 V die Spannung am Verbraucher 52 V mit Kompoundierung, 40 V ohne Kompoundierung. Eine verbesserte Kompoundierungswirkung läßt sich nur erreichen, indem man eine Kopplung zwischen Einstellwiederstand R und Kom-

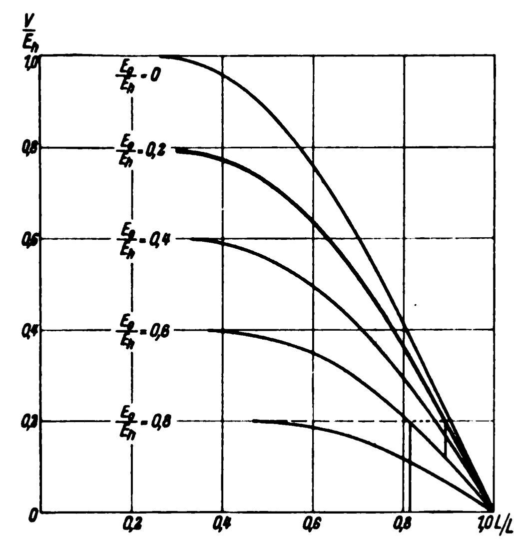


Bild 7. Kennlinien der Kompoundierungsgröße L des Steuersatzes I ohne Kopplung mit der Einstellgröße R für $\lambda = 0{,}5$.

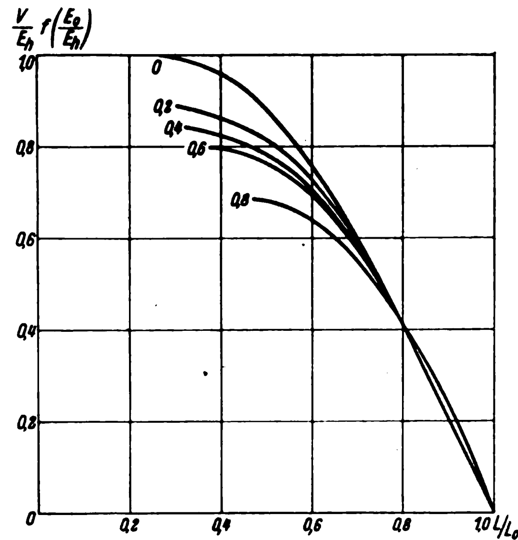


Bild 8. Kennlinien des Steuersatzes I mit Kopplung zwischen Einstellwiderstand R und Kompoundierungsgröße L für $\lambda = 0.5$.

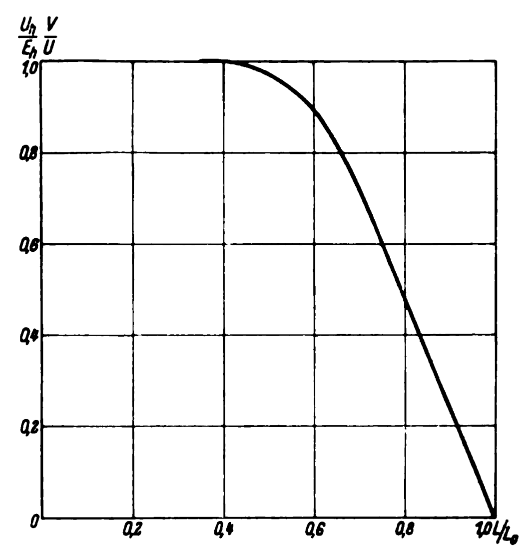


Bild 10. Kennlinie des Steuersatzes I mit Kopplung und U als Einstellgröße.

poundierungsgröße L einführt. Dies läßt sich durch einen Reihenwiderstand im Gleichstromkreis der Drossel L erreichen, der mit dem Einstellwiderstand R gemeinsam nach einem entsprechenden Programm verstellt wird. Durch eine solche mechanische Kopplung können die stark divergierenden Kurven, wie Bild 8 zeigt, nahe zusammengedrängt und damit der Fehler noch weiter herabgesetzt werden. Die Kurve für $\frac{E_0}{E_h} = 0$ ist gegenüber Bild 7 ungeändert, d. h. der Reihenwiderstand ist in diesem Falle Null; die Ordinaten der anderen Kennlinien sind durch Multiplikation mit der Funktion $f\left(\frac{E_0}{E_h}\right)$ entsprechend erhöht. Vollständig lassen sich die Kurven jedoch nicht zur Deckung bringen.

Bild 9 gilt für den gleichen Steuersatz, jedoch wird hier die Einstellung der Leerlaufspannung nicht mit dem Widerstand R vorgenommen, sondern durch Ändern der Anodenwechselspannung U. Die Kompoundierung soll wieder wie vorhin über L durchgeführt werden. Der Widerstand R ist demgemäß fest und wird im vorliegenden so gewählt, daß der Zündwinkel im Leerlauf 60° beträgt, also halbe Aussteuerung vorliegt. Der wesentliche Unterschied gegenüber Bild 7 besteht darin, daß die Kennliniensteilheit im umgekehrten Sinne vom Parameter abhängt. Bei kleinem Parameter sind die Kurven flach, bei großem steil. Wählt man hier wieder als Kennlinie die zu $\frac{E_0}{E_h} = 0{,}2$ gehörige Kurve, so wird bei großem E_0/E_h stark überkompoundiert. Bei 60 V Leerlaufspannung sinkt die Verbaucherspannung bei 20 V Verlustspannung ohne Kompoundierung auf 40 V ab, mit Kompoundierung steigt sie auf 100 V an.

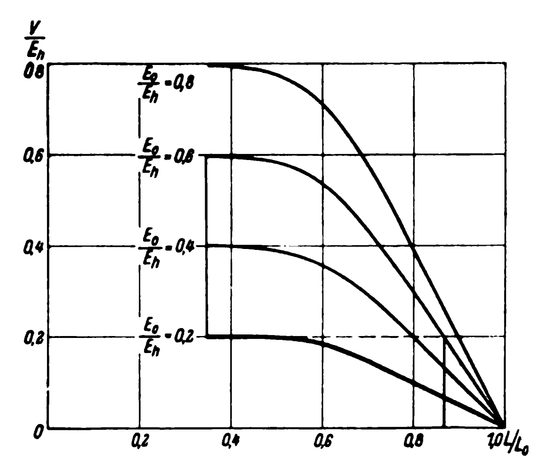


Bild 9. Kennlinien des Steuersatzes I ohne Kopplung mit Einstellung durch Ändern der Anodenwechselspannung U.

Dieses stark divergierende Kennlinienfeld läßt sich im Gegensatz zu früher in eine einzige Kurve (Bild 10) vollständig überführen, wenn man als Ordinate an Stelle von V das Verhältnis V/U wählt. U_h ist dabei der höchste Wert von U, der bei Leerlauf die maximale Gleichspannung E_h liefert. Die Induktivität L muß somit so verändert werden, daß sie vom Verhältnis V/U abhängig wird. Da L vom Magnetisierungsgleichstrom und dieser von der am Widerstand R_v abgegriffenen Spannung abhängt, muß der Abgriff so in Abhängigkeit von U verändert werden, daß bei konstantem V der Magnetisierungsgleichstrom um den gleichen Faktor abnimmt, wie die Anodenspannung erhöht wird, und umgekehrt. Dieselbe Wirkung kann natürlich auch bei festem Abgriff durch Einschalten eines entsprechend veränderlichen Reihenwiderstandes erreicht werden.

4. Steuersatz II ohne Kopplung von Einstell- und Kompoundierungsgröße

Ein Steuersatz, der ohne Koppplung zwischen Einstell- und Kompoundierungsgröße eine vollständige Kompoundierung ermöglicht, muß nach Gl. (2) so beschaffen sein, daß bei gegebener Verlustspannung V unabhängig von der Einstellgröße dieselbe Erhöhung der EMK erzielt wird. Da nun die EMK in der zugrunde gelegten Schaltung dem Cosinus des Zündwinkels proportional ist, muß der $\cos\vartheta$ sich als Summe von zwei Funktionen darstellen lassen, von denen die eine nur von der Einstellgröße, die andere nur von der Kompoundierungsgröße abhängt. Der Steuersatz *II* (Bild 11) erfüllt diese Bedingung näherungsweise, wenn der Scheinwiderstand

$$\sqrt{r^2 + L^2\omega^2}$$

groß gegenüber den Widerständen R und $l\omega$ des äußeren Kreises gewählt wird. Für den Zündwinkel gilt dann

$$\vartheta = \vartheta_1 + \vartheta_2 - \frac{\pi}{2},$$

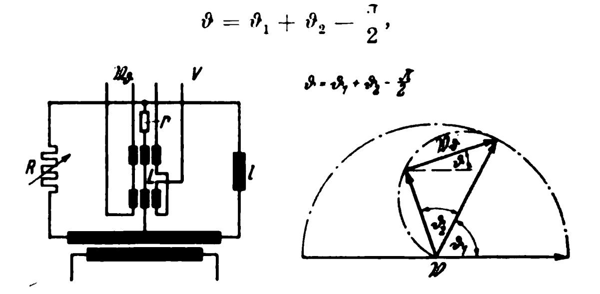


Bild 11. Schaltung und Verhalten des Steuersatzes II ohne Kopplung von Einstell- und Kompoundierungsgröße.

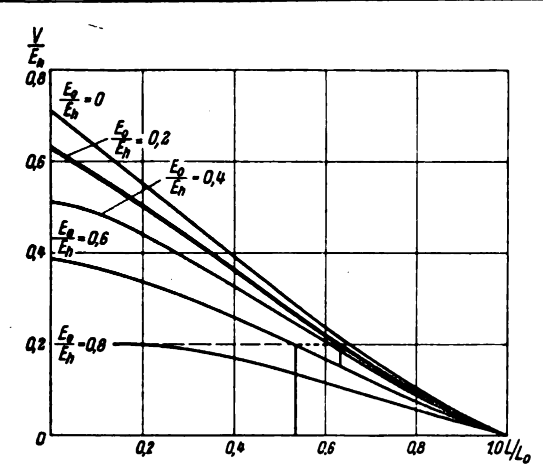


Bild 12. Kennlinien des Steuersatzes II ohne Kopplung mit R als Einstellgröße.

wobei ϑ_1 nur von der Einstellgröße R, ϑ_2 nur von L abhängt. Nun ist

$$\vartheta_1 = 2 \operatorname{arc\,tg} \frac{l\,\omega}{R} \text{ und } \vartheta_2 = \operatorname{arc\,tg} \frac{L\,\omega}{r}.$$

Wählt man r so, daß bei Leerlauf $(L = L_0)$ $\vartheta_2 = \pi/4$ ist, so wird

$$\vartheta_2 = \operatorname{arc\,tg} \frac{L}{L_0}.$$

Ist R_{90} wieder der dem Zündwinkel von 90° entsprechende Widerstandswert bei Leerlauf, so wird in der Gleichung für ϑ_1 $R = R_{90}$ und $\vartheta_1 = \frac{3\pi}{4}$. Daraus folgt

$$l\,\omega = (1 + \sqrt{2})\, R_{90}.$$

Man erhält somit für den Zündwinkel die Gleichung:

$$\vartheta = 2 \operatorname{arc\,tg} (1 + \sqrt{2}) \frac{R_{90}}{R} + \operatorname{arc\,tg} \frac{L}{L_0} - \frac{\pi}{2}. \quad (9)$$

Für die EMK ergibt sich nach Gl. (3) und Gl. (9) die Beziehung:

$$\frac{E\left(\frac{R}{R_{90}}, \frac{L}{L_0}\right)}{E_h} = \sin\left\{2 \operatorname{arc\,tg} (1 + \sqrt{2}) \frac{R_{90}}{R} + \operatorname{arc\,tg} \frac{L}{L_0}\right\}. \quad (10)$$

Vergleicht man die zugehörige Kennlinienschar (Bild 12) mit den entsprechenden Kurven des Steuersatzes I, so erkennt man leicht, daß mit der neuen Steueranordnung eine weite bessere Kompoundierung erreicht werden kann.

5. Vollständig kompoundierter Steuersatz III

Zum Abschluß betrachten wir den in Bild 13 dargestellten Steuersatz, der die Kompoundierungsbedingung vollständig erfüllt. Die Drossel Dr bestimmt den über die Primärwicklung des gesättigten Transformators Tr fließenden, um 90° nacheilenden sinusförmigen Strom. Über zwei Gleichstromwicklungen können diesem Transformator zwei Gleichstrom-Durchflutungen aufgedrückt werden, von denen die eine von der Einstellgröße S, die andere von der Verlustspannung V abhängig ist. Die gesamte Durchflutung ist also sinusförmig und wird um das Niveau $\Theta(S) + \Theta(V)$ gehoben oder gesenkt. Im Nulldurchgang der Durchflutung entsteht die größte zeitliche Änderung des Flusses und damit eine Spannungsspitze, deren Phasenwinkel gegeben ist durch:

$$i_h \sin\left(\frac{\pi}{2} - \vartheta\right) = \Theta(S) + \Theta(V).$$

Die von der Verlustspannung V herrührende Durchflutung ist proportional V, und damit geht obige Gleichung über in

$$i_h \cos \vartheta = K\,V + \Theta(S).$$

Hierin ist K eine Konstante, die durch den Widerstand der Magnetisierungswicklung und deren Windungszahl gegeben ist. Für die EMK des so kompoundierten Gleichrichters erhält man somit

$$E(S, V) = \frac{E_h}{i_h} K\,V + \frac{E_h}{i_h} \Theta(S).$$

Gemäß der Bedingung Gl. (2 b) ist K so zu wählen, daß $\frac{E_h}{i_h} K = 1$ wird, also

$$E(S, V) = V + \frac{E_h}{i_h} \Theta(S) = V + E(S, 0) \quad (11)$$

ist, was Übereinstimmung mit Gl. 2 b bedeutet.

Die Genauigkeit der Kompoundierung ist im vorliegenden Fall einzig und allein durch die Steilheit der Spannungsspitze gegeben. Der Steuersatz III vereinigt also zwei voneinander ganz unabhängige Vorteile gegenüber den beiden zuerst betrachteten Steuersätzen; einerseits ist die Kompoundierungswirkung vollständig unabhängig von der eingestellten Spannung, und anderseits ist hier die Geradlinigkeit der Kennlinienschar (Bild 2 b) selbsttätig erfüllt[1]), während sie früher durch entsprechende Formgebung der Kennlinie für die Kompoundierungsgröße erst erzwungen werden mußte. Fehler, die durch eine nur angenäherte Kennlinie bedingt sind, fallen daher ebenfalls weg.

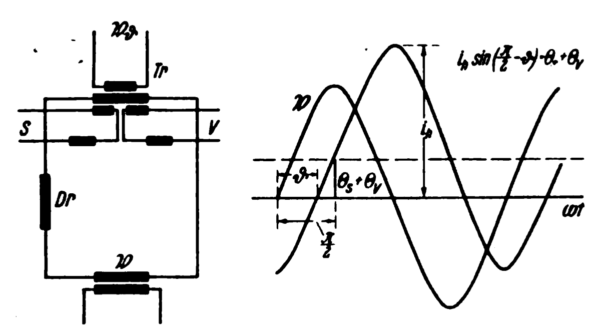


Bild 13. Schaltung und Verhalten des vollständig kompoundierten Steuersatzes III.

Zusammenfassung

Gittergesteuerte Gleichrichter mit fester Leerlaufspannung können in verhältnismäßig einfacher Weise kompoundiert werden. Ist die Leerlaufspannung hingegen einstellbar, so ist der Kompoundierungseinfluß im allgemeinen abhängig von der eingestellten Leerlaufspannung, und damit die Kompoundierung im ganzen Einstellbereich nicht mehr ausreichend. Die Bedingungen werden abgeleitet, unter denen eine vollständige Kompoundierung im ganzen Einstellbereich gewährleistet ist; sie gestatten in einfacher Weise, die Genauigkeit einer Kompoundierung anzugeben, die bei gegebener Schaltung des Anodenkreises und bei Verwenden eines bestimmten Steuersatzes erreicht werden kann.

Ein Zweiphasen-Gleichrichter mit einer Kathodendrossel von beliebig großer Zeitkonstante wird in Verbindung mit drei verschiedenen Steuersätzen untersucht und die Genauigkeit der Kompoundierung untereinander verglichen. Dabei zeigt sich, daß bei Verwenden eines besonders auf die Schaltung des Anodenkreises zugeschnittenen Steuersatzes vollständige Kompoundierung unabhängig von der eingestellten Leerlaufspannung erreicht werden kann.

[1]) Da der stromabhängige Anteil der EMK nach G. (8) proportional der Spannung V ist.

Das Schaltungsschema der Gleichstrommaschine

Von W. Nürnberg VDE, Berlin

DK 621.313.2.061

Übersicht. Das Verhalten einfacher und besonderer Gleichstrommaschinen wird durchweg an Hand eines Schaltungsschemas erklärt. Zweckmäßigerweise werden alle Schemata einheitlich entworfen. Hierzu ist nur eine Vereinbarung nötig, woraus sich die weiteren Folgerungen eindeutig ergeben.

Einleitung

In den Darstellungen der Gleichstrommaschine in größeren Schaltungsschemen oder bei ihrer besonderen Wiedergabe bei Einzeluntersuchungen findet man eine ganze Reihe von räumlichen Anordnungen der Wicklungen, die in manchen Fällen willkürlich getroffen werden. Gemeinsam ist vielen Schemen, daß die Drehrichtung nicht eingetragen wird, obwohl sie bei allen Stromwendermaschinen von grundsätzlicher Bedeutung für die Wirkungsweise ist. Meistens denkt man bei der Zeichnung des Schemas an eine Ansicht auf den Stromwender, erinnert sich aber an die Norm, Drehrichtungen nur auf Antriebsseite gesehen anzugeben, und löst sich aus dem scheinbaren Widerspruch, indem man die Drehrichtung wegläßt. In Wirklichkeit kann das Schema genau so gut von der Stromwenderseite wie auch von der Antriebsseite hier betrachtet gedacht werden, da die Betrachtungsweise mit der Wirkungsweise keinen Zusammenhang hat. Von Schemen zur Wiedergabe der Leitungsführung für die Werkstatt sei abgesehen.

Der zweite Punkt ist die Lage der Erregerwicklungsachsen zur Bürstenachse, wobei ebenfalls willkürlich verfahren wird. Trägt man jedoch die Achse richtig ein, wozu sich eine immer stärkere Tendenz bemerkbar macht, so wird die Richtung, in der die betreffende Spule magnetisch wirkt, oft aus Gründen einer kleinen zeichnerischen Vereinfachung falsch eingetragen. Dies gilt vor allem für die Wendepol- und die Kompensationswicklungen, die fast ausnahmslos so gezeichnet werden, daß sie das Ankerfeld unterstützen.

Der Zweck nachstehender Untersuchungen soll sein, Schemen von Gleichstrommaschinen nach den gegebenen Grundlagen so zu entwerfen, daß sie gleichzeitig ein Raumdiagramm der Maschine bilden. Aus diesem läßt sich die magnetische Richtung der einzelnen Wicklungsträger, also der Haupt- und Wendepole und des Ankers erkennen, die Drehrichtung angeben, die Polarität der Bürsten bestimmen und eine eindeutige Aussage machen, ob eine schematisch wiedergegebene Maschine ein Motor, ein Generator oder eine Bremse ist. Die Beispiele werden aus dem Gebiet der Sondermaschinen gewählt, da für die Normalmaschinen Darstellungen in VDE 0570 „Regeln für Klemmenbezeichnungen"[1]) gegeben wurden, deren Ausführung sich mit den hier empfohlenen deckt. Man wird insbesondere bei den Querfeldmaschinen erkennen, daß ein richtig durchentwickeltes Schema die Gesetze der Maschine zu erkennen gestattet.

1. Die einzige grundsätzliche Annahme

Für das einheitliche Aufstellen von Regeln muß naturgemäß eine Annahme getroffen werden, die ihnen allen zugrunde liegt. Es ist nur eine einzige notwendig; alles andere ergibt sich dann logisch daraus. Die bekannte Rechte- und Linkehandregel wird nicht benötigt. Die notwendige Annahme ist in Bild 1 und 2 dargestellt; sie lautet: Bei jedem stromdurchflossenen Teil der Maschine soll die Richtung des Stromes, von Stromeintritt nach Stromaustritt gesehen, übereinstimmen mit der Richtung des magnetischen Kraftflusses, den dieser Strom hervorruft. Die Feldspulen werden in bekannter Weise durch eine Zickzacklinie dargestellt (Bild 1 b). Wenn diese Linie der (angenäherte) Schattenriß einer echten Spule sein soll, so müßte diese rechtsgängig gewickelt sein (Bild 1 a). In diesem Falle würde unsere Annahme mit der Wirklichkeit übereinstimmen. Wir denken also im Schema nur an rechtsgängige Spulen mit achsengleicher, ungekreuzter Zuleitung des Stromes. Im übrigen ist es Sache der Werkstatt, die Spulen in ganz beliebiger Ausführung herzustellen. Das Schema wird hiervon nicht berührt.

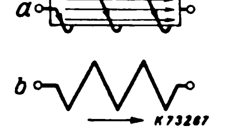


Bild 1. Darstellung einer magnetisch wirksamen, stromdurchflossenen Wicklung. *a* zugrunde gelegte rechtsgängige Ausführung, *b* schematische Wiedergabe. Stromrichtung und magnetische Richtung decken sich.

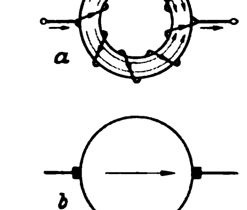


Bild 2. Darstellung des stromdurchflossenen Ankers. *a* zugrunde gelegte rechtsgängige Ringwicklung, *b* schematische Wiedergabe. Stromrichtung und magnetische Richtung decken sich.

Die Übertragung der gemachten Annahme auf den Anker geschieht in der einfachsten Weise. Der Anker kann in magnetischer Hinsicht durch eine Spule ersetzt werden, die ballig hergestellt wurde. Die Stromrichtung auf dem Umfang bleibt erhalten. Nur die Lage der Wickelköpfe müßte in Gedanken geändert werden. Da diese Köpfe keinen Einfluß haben, bleibt die gedachte Umlegung ohne Interesse. Man kann auch in gewohnter Weise den Anker durch einen Paccinottischen Ring ersetzt denken, der nach Bild 2 a rechtsgängig bewickelt wurde. In beiden Fällen stimmt die Stromrichtung von der einen zur anderen Bürste überein mit der Richtung des magnetischen Flusses des Ankers. Voraussetzung ist also wiederum nur die gedachte oder auch wirkliche Rechtsgängigkeit der Ankerwicklung.

Bekanntlich stehen die Bürsten der Gleichstrommaschine räumlich um 90° versetzt gegenüber der Darstellung im Raumdiagramm, wenn man von den nicht mehr ausgeführten Ringwicklungen absieht. Es ist also müßig, bei Trommelankern die gekreuzte oder ungekreuzte Schaltung der rechts- oder linksgängig aufgebrachten Schleifen- oder Wellenwicklung der echten Maschine im Schema durch eine entsprechende „richtige" Versetzung der Bürsten berücksichtigen zu wollen. Die Bürsten schleifen in Wirklichkeit nicht auf der Ankeroberfläche. Wenn man sie bei einer besonderen Ankerwicklung doch dorthin sinngemäß verlegen wollte, käme man in die weitere Schwierigkeit, entscheiden zu müssen, ob sie auf der Ober- oder auf der Unterlage schleifen sollen. Man stellt besser, ohne irgendwelche weiteren Überlegungen daran zu knüpfen, die Bürsten im Schema in die magnetische Achse des Ankers und handelt damit richtig. Man läßt den Strom zur einen Bürste ein-, zur anderen austreten und ordnet der so angegebenen Stromrichtung die Richtung des Ankerflusses zu. Über die wirkliche räumliche Lage

[1]) VDE 0570/X. 38 Regeln für Klemmenbezeichnungen. ETZ 59 (1938) S. 1212.

der Bürsten einer zur Ausführung kommenden Maschine unterrichtet im übrigen die Aufstellung Tafel 1. Sie hat mit dem Problem nichts zu tun, stellt aber die für den Gestalter, Hersteller oder Untersuchenden bequem benutzbare Brücke zwischen Schema und Gegenstand dar.

Tafel 1. Beziehungen zwischen der Schaltung, Bürstenlage und Drehrichtung.

Schaltung	(+)-Bürste unter:	(—)-Bürste unter:	Drehrichtung
ungekreuzt	Süd-Hauptpol	Nord-Hauptpol	links auf Antriebseite gesehen
gekreuzt	Nord-Hauptpol	Süd-Hauptpol	
ungekreuzt	Nord-Hauptpol	Süd-Hauptpol	rechts auf Antriebseite gesehen
gekreuzt	Süd-Hauptpol	Nord-Hauptpol	

Weitere Annahmen werden nicht gemacht; nur sind einige unmittelbare Folgerungen zu ziehen, und zwar über das Drehmoment und seine Richtung, über die Polarität, die Abgabe und Aufnahme elektrischer oder mechanischer Leistung und über die Drehrichtung der Maschine.

2. Polarität des leerlaufenden Ankers im Feld

Wenn der Anker der erregten Maschine umläuft, wird in ihm die Leerlaufspannung induziert. Ihre Polarität wird nach folgender Regel erkannt: Der Anker läuft — unter der Spitze des ihn erregenden Feldes — von der Plus- nach der Minusklemme. Bild 3 gibt die entsprechende Darstellung.

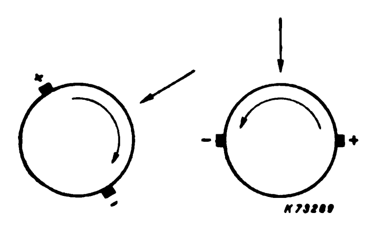


Bild 3. Der induzierte Anker. Darstellung identisch bei Motor- oder Generatorbetrieb oder bei Leerlauf. Der Anker läuft unter der äußeren Feldspitze von der Plus- zur Minusklemme. Drehrichtungspfeil also unerläßlich. Bei Richtungswechsel von Feldpfeil oder Drehsinn kehrt sich die Polarität um.

Liegt der Feldpfeil so, daß das Gefieder auf den Anker zeigt, so denkt man sich den Pfeil in gleichbleibender Richtung durch den Anker auf dessen andere Seite gezogen, bis er mit der Spitze auf den Anker weist. Wird der Anker durch ein Ankerfeld erregt, das ein durch weitere Bürsten zugeführter Strom hervorruft, so steckt der Pfeil des Feldes innerhalb des Ankers. Dies ist bei allen Querfeldmaschinen der Fall. Auch hierbei zieht man den Pfeil in Gedanken am Gefieder bis nach außen. Wiederum läuft dann der Anker von der Plus- nach der Minusklemme. Bei allen Beispielen des VDE zeigt übrigens der Feldpfeil auf den Anker zu, weshalb dort bei Linkslauf immer die untere Bürste, bei Rechtslauf die obere Bürste positiv ist, da der Feldpfeil rechts vom Anker in der Waagerechten liegt.

Da der außen eingezeichnete oder in Gedanken nach außen gezogene Pfeil des erregenden Feldes mit seiner auf den Anker weisenden Spitze den Nordpol darstellt, kann man obige Regel auch merken als: Der Anker läuft unter dem Nordpol von der Plus- nach der Minusklemme.

3. Das Drehmoment beim stromdurchflossenen Anker im Feld

Wenn man nach Bild 4 im Schema nur den Pfeil des äußeren Feldes und des Stromes im Anker eingetragen hat, kann man auf eindeutige Weise den Drehwillen des Ankers angeben. Der Anker versucht sich durch das von ihm entwickelte Drehmoment auf kürzestem Wege in Richtung des Feldes einzustellen. Läßt man ihn in dieser Richtung anlaufen, so gibt er mechanische Leistung an der Welle ab, wirkt also motorisch. Zwingt man ihn dagegen durch äußere Kräfte zur umgekehrten Richtung,

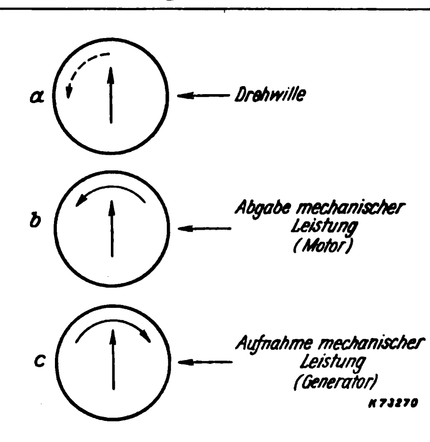


Bild 4. Der stromdurchflossene Anker im Magnetfeld. Das auftretende Drehmoment versucht den Ankerpfeil auf kürzestem Wege in Richtung mit dem Feldpfeil zu bringen. Bei Motoren stimmt die wirkliche Drehrichtung mit dem Drehwillen überein; bei Generatoren ist sie entgegengesetzt.

so nimmt er mechanische Leistung auf, wird also normalerweise zum Generator oder im seltenen Fall zur Bremse. Stromrichtung im Anker, Feldrichtung in der Ständerwicklung und Drehsinn liegen daher bei Motor und Generator eindeutig fest. Der Motor dreht sich so, daß der Ankerpfeil auf kürzestem Wege in die Richtung des Feldpfeiles einschwenkt. Der Generator dreht sich dagegen so, daß der Ankerpfeil auf kürzestem Wege in die Gegenrichtung zum Feldpfeil gerät.

4. Polarität und Stromrichtung des Ankers

Der motorische Anker nimmt elektrische Leistung auf, der generatorische Anker gibt sie ab. Daher gehören Polarität und Stromrichtung bei beiden Ankern nach Bild 5 eindeutig zusammen. Beim Motoranker tritt der Strom in die Plusbürste ein, beim Generatoranker verläßt der Strom nach außen tretend die Plusbürste. Feld- und Drehrichtung haben mit dieser Darstellung nichts zu tun. Für den seltenen Fall der Bremse ist noch zu bemerken, daß sie bei sogenannter generatorischer Wirkung genau wie ein Generator zu zeichnen ist. Bei der sogenannten Gegenstrombremsung dagegen ist ihr Anker motorisch bezüglich der elektrischen Leistungsaufnahme, generatorisch bezüglich der mechanischen Leistungsaufnahme.

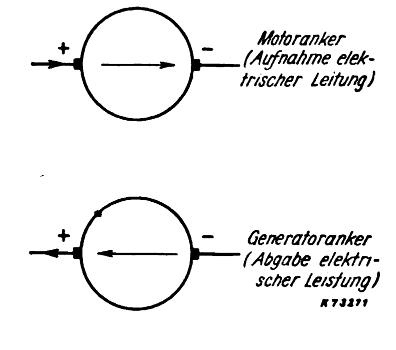


Bild 5. Polarität und Stromrichtung bei Motor- und Generatoranker unabhängig von der Drehrichtung.

Die Feldwicklungen des Ständers sind übrigens nur Verbraucher elektrischer Leistung, bei ihnen bezeichnet die Plusklemme daher immer den Stromeintritt.

5. Motor- und Generatoranker im Feld

Alle bisherigen Regeln sind gleichzeitig erfüllt bei der Darstellung der rechts- oder linkslaufenden Anker von Motoren und Generatoren in Bild 6. Macht man z. B. die Probe bezüglich der Polarität, so erkennt man, daß alle vier Anker von der Plus- zur Minusklemme laufen, unter der Spitze des äußeren Feldpfeiles gesehen. Weiter sieht man, daß die beiden Motoranker sich so drehen, daß ihr Ankerpfeil auf kürzestem Wege in die Richtung des Feldpfeiles zu kommen sucht. Bei den beiden Generatorankern ist das Umgekehrte der Fall. Außerdem zeigt jeder Anker, daß er bei Bezug elektrischer Leistung mechanische Leistung abgibt und umgekehrt bei Aufnahme

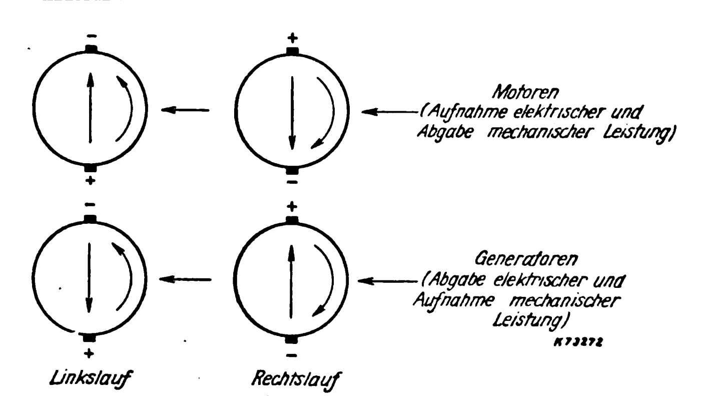


Bild 6. Motor- und Generatoranker im Magnetfeld. Gesetze nach Bild 3, 4 und 5 erfüllt. Am besten nach Bild 3 Polarität zu Feld- und Drehrichtung bestimmen, dann Stromrichtung nach Bild 5 eintragen und Kontrolle nach Bild 4 machen.

mechanischer Leistung elektrische entwickelt. In keinem der vier Beispiele ist also etwa eine Gegenstrombremse dargestellt.

6. Darstellung der Wendepol- und Kompensationswicklungen

Der Zweck der Wendepolwicklung besteht darin, in der Stromwendezone des Ankers die magnetische Wirkung des stromdurchflossenen Ankers erstens aufzuheben und zweitens darüber hinaus sogar noch ein schwaches Feld in der umgekehrten Richtung zu erzeugen, das zum Beschleunigen der sonst sehr verzögerten Stromwendung dient. Bei der Kompensationswicklung handelt es sich um eine Wicklung, die dieselben Zwecke wie die Wendepolwicklung verfolgt. Der Unterschied besteht darin, daß sie die Ankerwirkung nicht nur in der Wendezone, sondern möglichst weitgehend an jedem Punkt des Ankerumfanges aufhebt. Bei normalen Maschinen liegt die Kompensationswicklung daher ausschließlich in Nuten der Polbögen verteilt. Nur ein kleiner Teil liegt noch auf den eigentlichen Wendepolen. Bei den Querfeldmaschinen (vgl. Bild 10 b) können jedoch auch Kompensationswicklungen vorkommen, die als konzentrierte Wicklungen die Teilpole, in die jeder eigentliche Hauptpol zerlegt ist, umfassen. Äußerlich sind solche Kompensationswicklungen dann nicht mehr von den normalen Feldwicklungen zu unterscheiden. Im Schema werden die verschiedenen Ausführungsarten in keiner Weise besonders gekennzeichnet. Man wählt ausschließlich die Darstellung nach Bild 7, die außerdem in gleicher Weise für Wendepolwicklungen wie auch für Kompensationswicklungen gilt. Nur wenn man besonders aufmerksam machen will, daß beide Wicklungen aus verschiedenen Gründen vorhanden sind, nämlich die Wendepolwicklung ausschließlich zum Erleichtern der Stromwendung, die Kompensationswicklung zum Verringern oder Auslöschen der Wirkung des stromdurchflossenen Ankers auf den Kreis der Haupt- oder Spaltpole, kann man sie beide in gleicher Achse, gleicher Richtung und vom gleichen Strom durchflossen getrennt wiedergeben. Ganz besonders sei betont, daß die Verbindung zwischen Anker und Kompensationswicklung nie geändert wird, weder bei Rechtslauf noch bei Linkslauf,

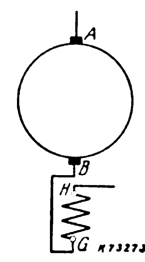


Bild 7. Anker mit Wendepol- oder zusätzlicher Kompensationswicklung. Schaltung unabhängig vom Betrieb als Motor oder Generator und unabhängig von der Drehrichtung.

weder bei Motor- noch bei Generatorbetrieb. Diese Wicklung nimmt nur Bezug auf den Anker selbst; sie ist sein magnetisch möglichst vollkommenes Spiegelbild mit genau umgekehrter magnetischer Wirkung. (Die Umlegung der Verbindung von B und G in den VDE-Beispielen ist daher nur äußerlicher Art. Wie die Betrachtung der Bilder lehrt, bleiben beide Klemmen bei Links- und bei Rechtslauf unverändert verbunden. Es ist klar, daß bei der ausgeführten Maschine die Kompensations- oder Wendepolwicklung auch zum Teil oder ganz auf die andere Ankerseite verlegt werden kann.)

7. Feldwicklungsanordnungen

Auf den Haupt- oder Spaltpolen kann in der Einzahl oder in der Mehrzahl eine Reihe verschieden gespeister Wicklungen liegen, die entweder von einer unabhängigen Spannungsquelle oder von einer der Eigenspannungen des Ankers oder von einem der Ankerströme erregt werden. Die beiden ersten Gruppen stellt man im Schema durch dünne Strichführung dar, da man hierdurch den verhältnismäßig schwachen Erregerstrom kennzeichnen will. Die vom Ankerstrom gespeisten Erregerwicklungen zeichnet man stark. Bild 8 gibt eine Reihe der

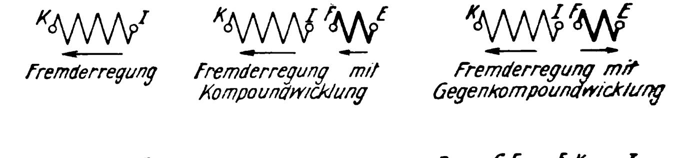


Bild 8. Beispiele für Erregeranordnungen, unabhängig von Drehrichtung oder vom Motor- oder Generatorbetrieb.

meist vorkommenden Feldwicklungen mit den vom VDE genannten Bezeichnungen der Ein- und Ausgangsklemmen wieder[2]). Soll die Feldwicklung feldverstärkend wirken, so ist im allgemeinen der alphabetisch vorausgehende Buchstabe die Bezeichnung der positiven Eingangsklemme. Dies gilt durchweg für die Fremderregung *I*, *K* und die Selbsterregung *C*, *D*, wo fast immer *I* und *C* die Plusklemmen darstellen. Bei der reinen Hauptstromerregung ist *E* die Plusklemme. Bei gemischter Erregung dagegen ist dies nur noch bei gewünschter Kompoundierung der Fall, dann also, wenn der Ankerstrom das Feld verstärken soll. Bei Gegenkompoundierung aber tritt der Strom bei *F* ein. Dies ist dann die Plusklemme der Wicklung. Man beachte, daß durchaus die Plusklemme an der negativen Netzsammelschiene hängen kann, wie es z. B. in Bild 9 der Fall ist. Plus- und Minusklemmen bei den Feldwicklungen kennzeichnen also nur den Ein- und den Austritt des sie durchfließenden Stromes.

8. Räumliche Anordnung der Feld- und Bürstenachsen

Zur einheitlichen zeichnerischen Darstellung empfiehlt es sich, die Möglichkeit der räumlichen Anordnung beim Entwickeln eines Schemas etwas einzuschränken, wobei in Sonderfällen aber immer volle Freiheit gewahrt bleiben soll. In den VDE-Beispielen steht die Achse der Nutzbürsten immer senkrecht, die Feldachse liegt waagerecht. Dies soll beibehalten werden. Bei Maschinen mit Zwischenbürsten sollen die zusätzlichen Bürsten, die meistens senkrecht zu den Nutzbürsten stehen, in der Waagerechten angeordnet werden. Die zusätzlichen Feldwicklungen bei diesen Sondermaschinen, die die Spannung an den Zwischenbürsten hervorrufen, werden senkrecht angelegt. Die Längsachse der Gleichstrommaschine wird also möglichst waagerecht, die Querachse senkrecht dargestellt. Bei normalen Maschinen heißt die obere Nutzbürste *A*,

[2]) Die Klemmenbezeichnungen nach VDE gelten nur für die Angabe der Drehrichtung, auf Antriebseite gesehen.

die untere *B*. Bei Zwischenbürsten- oder Querfeldmaschinen sei die linke mit *a*, die rechte mit *b* bezeichnet. In den VDE-Beispielen findet man weiterhin, daß das Hauptfeld immer von rechts nach links auf den Anker zu weist. Bestehen mehrere Feldwicklungen mit gleicher Achse, aber verschiedener Richtung, wie es bei jeder Gegenkompoundierung der Fall ist, so wird der Pfeil der stärksten Wicklung nach links weisend eingetragen. Entsprechend wird man bei Querfeldmaschinen die Erregung in der Querachse von oben nach unten gehend wirken lassen und nur eine gegengeschaltete weitere Wicklung von unten nach oben gerichtet eintragen. Auf diese Weise vereinfacht man sich die Überlegungen beim Entwurf komplizierterer Schemen. Die Folge dieser Vereinfachungen ist, daß die *A*-Bürste bei Rechtslauf immer Plus-, bei Linkslauf Minusbürste ist. Das gleiche gilt für die Zusatzbürste *a*.

9. Die Klemmenbezeichnung

Nach VDE 0570 verwendet man einheitlich bei normalen Maschinen folgende Klemmenbezeichnungen[3]):

Anker	*A, B*
Wendepolwicklung, Kompensationswicklung	*G, H*
Selbsterregung	*C, D*
Fremderregung	*I, K*
(falls Erregerspannung gleich Ankerspannung, auch *C, D*)	
Hauptstromerregung	*E, F*

Für Querfeldmaschinen liegen keine Bezeichnungen fest. Nachstehend sind die gleichen Bezeichnungen wie bei den normalen Maschinen verwendet worden, indem zum Kennzeichnen jedoch kleine Buchstaben gewählt wurden, also für den Anker *a, b*; für die Fremderregung *i, k*; für die Hauptstromerregung *e, f*.

Entwurf des Schemas

Wenn man sich bei normalen Maschinen nicht unmittelbar an die VDE-Schaltbilder halten will oder wenn man Sondermaschinen darzustellen hat, geht man zweckmäßigerweise so vor: Man zeichnet bei Maschinen mit nur einem Bürstensatz zuerst den Anker und die Wendepol- sowie die Feldwicklung auf. Dann trägt man Strom- und Feldrichtung im Feld durch den gemeinsamen Pfeil ein, versieht den Anker mit dem Drehrichtungspfeil und bestimmt sofort die Polarität der Bürsten. Die Plusbürste wird zum Stromaustritt bei Generatoren, zum Stromeintritt bei Motoren. Somit liegt die Stromrichtung im Anker fest. Die Richtung in der Wendepol- oder Kompensationswicklung ist die entgegengesetzte. Anker und letztgenannte Wicklung werden miteinander verbunden, wie es die Stromrichtung erfordert; die freien Klemmen werden an die positive und negative Schiene des Netzes gelegt. Bei Selbsterregung wird *C* der Feldwicklung mit *P* des Netzes, *D* mit *N* verbunden. Ein etwa vorgesehener Regelwiderstand liegt in einer der Zuleitungen. Bei Fremderregung wird *I* mit der positiven Spannungsquelle, *K* mit der negativen Quelle verbunden. Bei Kompoundierung trägt man neben der Hauptfeldwicklung im Zuge ihrer Achse das zusätzliche Feld *E, F* ein. Dies versieht man mit einem Pfeil, der in dieselbe Richtung wie der andere Feldpfeil weist. Bei Gegenkompoundierung ist der Pfeil entgegengesetzt einzuzeichnen. *E, F* wird so in den Ankerstromkreis eingeschlossen, wie es der Pfeil verlangt. Bei Querfeldmaschinen geht man am besten von den Zwischenbürsten *a, b* und den Feldwicklungen in der Querachse, also vornehmlich von der meistens vorgesehenen Fremderregerwicklung *i, k* aus. Man trägt den Pfeil zur Wicklung *i, k* ein, den man meistens nach unten gerichtet wählt. Dann bestimmt man die Polarität der Zwischenbürsten *a, b*. Der Strom I_1, der diese Bürsten verläßt, tritt aus der positiven Bürste aus, geht also innerhalb des Ankers von der Minus- zur Plusklemme, z. B. in allen Beispielen von Bild 10 und 12 von *b* nach *a*. Damit liegt die Richtung des Nutzfeldes fest, das vom Strome I_1 ganz oder teilweise erzeugt wird. Man zieht in Gedanken den Pfeil von I_1 aus dem Anker am Gefieder heraus, so daß man nunmehr die Polarität der Nutzbürsten *A, B* bestimmen kann. Der Nutzstrom I_2 tritt, da es sich fast immer, in den hier gebrachten Beispielen ausschließlich, um Erzeuger handelt, aus der positiven Nutzbürste aus. Im seltenen Fall eines Querfeldmotors wäre die Plusbürste natürlich der Eintritt des Nutzstromes I_2. Wenn weitere Wicklungen vorgesehen sind, wie z. B. Wendepolwicklungen in der Achse der Bürsten *A, B* und *a, b*, oder Selbsterregerwicklungen in der Längsachse oder Gegenkompoundwicklungen in der Querachse, so trägt man diese anschließend mit der gewünschten Richtung ein und verbindet sie entsprechend mit den Klemmen oder schaltet sie in den Zug der bestehenden Stromführungen ein.

Eine Kontrolle für das fertig entwickelte Schema erhält man stets, wenn man die Drehmomentrichtung nachprüft. Der Nutzstrom, also I_2 bei den Querfeldmaschinen, muß mit dem resultierenden Feld senkrecht zur Nutzbürstenachse einen Drehwillen erzeugen, der bei Motoren in die Drehrichtung fällt, bei Generatoren dagegen wirkt. Interessant ist diese Probe z. B. bei dem in Bild 11 a wiedergegebenen Umformer von Pestarini. Der Pfeil des Stromes I_1 wird durch die Drehung in die Richtung des Stromes I_2 gebracht; mithin arbeitet I_1 motorisch. Der Pfeil von I_2 dagegen wird durch die Drehung entgegen I_1 geführt; I_2 ist also ein generatorischer Strom. Tatsächlich heben sich beide Momente bei verlustloser und symmetrischer Maschine auf. Diese Maschine entwickelt also kein Drehmoment.

Wenn man theoretische Untersuchungen macht, kann man sich auf den Fall des Rechtslaufens beschränken, wodurch man die Zahl der darstellbaren Schemen ohne Beeinträchtigungen der Ergebnisse halbiert. Im besonderen Fall trägt man aber die wahre Richtung ein.

11. Beispiele für Schaltungsschemata

In Bild 9 bis 12 sind einige Schaltungsschemen als Beispiele zu den gegebenen Erläuterungen wiedergegeben. Bild 9 zeigt eine Krämermaschine, die wegen der drei Feldspulen auch, besonders in Amerika, als Dreifeldermaschine bezeichnet wird. Sie dient zum Erzeugen eines Stromes, dessen Kurzschlußwert nur wenig über dem Nennwert liegt. Die Dreifeldermaschine ist also praktisch eine Konstantstrommaschine, wenn man auch die Konstanz des abgegebenen Stromes nicht immer allzu genau einhalten will.

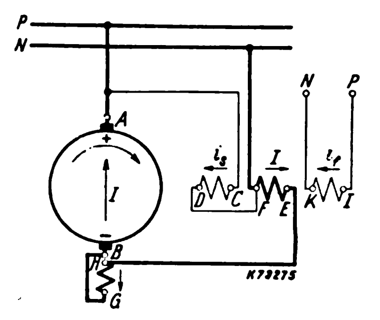


Bild 9. Krämermaschine.

Die Fremderregung *I, K* ruft bei Kurzschluß des Netzes *P, N* einen Ankerstrom I_k hervor, der nicht größer sein kann als dem Übersetzungsverhältnis der beiden Wicklungen *E, F* und *I, K* entspricht. Sobald der Ankerstrom in der Wicklung *E, F* fast genau soviel AW hervorruft wie der Fremdstrom i_f in der Wicklung *I, K*, verschwindet die Erregung des Flusses bis auf den kleinen Restbetrag, der eben noch den Strom I_k zum Fließen bringt. Bei Leerlauf ist der Strom *I* gleich Null. Dann ruft der Fremderregerstrom i_f eine Spannung im Anker hervor, die durch die Selbsterregerwicklung *C, D* noch weiter erhöht wird. *C, D* hat einen solchen Widerstand, daß gerade die Selbsterregung noch nicht einsetzt. Bei Nennbetrieb wirken alle drei Wicklungen zusammen.

[3]) Siehe Fußnote 2.

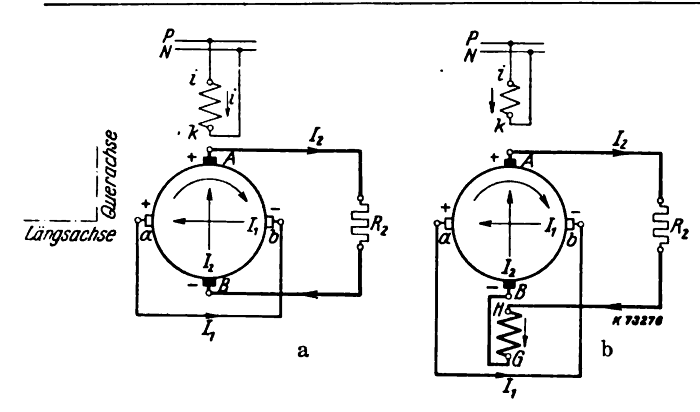


Bild 10. Querfeldmaschinen. Die etwaige Aufspaltung in Teilpole wird im Schema nicht berücksichtigt.

Man kann durch geeignetes Abstufen der Windungszahlen die Leerlaufspannung, den Kurzschlußstrom sowie ein Wertepaar aus Strom und Spannung bei Last frei wählen. Die Wicklung G, H ist die übliche Stromwendewicklung.

In Bild 10a und b sind zwei typische Querfeldmaschinen[4]) dargestellt. Man geht von der Wicklung i, k aus. Diese wird fremderregt und erzeugt eine Spannung zwischen den Zusatzbürsten a, b. Diese sind kurzgeschlossen, so daß ein Kurzschlußstrom I_1 den Anker in der Längsachse durchströmt. Das so entstehende Ankerfeld ruft eine Nutzspannung zwischen den Nutzbürsten A, B hervor, die im Falle a dem Verbraucher unmittelbar, im Falle b über eine Kompensationswicklung zugeführt wird. Der Verbraucher nimmt den Strom I_2 auf. Dieser Strom schwächt im Falle a das erregende Fremdfeld bis auf einen ganz schwachen Restbetrag. Ändert sich der Widerstand des Verbrauchers, so ändert sich der Strom I_2 nur um einen ganz kleinen Betrag, da bei der geringsten Schwächung von I_2 das Feld i, k mit den überschießenden AW gleich einen starken zusätzlichen Strom durch den Kurzschlußkreis treibt. Dadurch wird das Feld in der Längachse verstärkt, und Strom und Spannung des Verbrauchers steigen wieder an. Schließt man den Verbraucher kurz, so kann der Strom I_2 keinen höheren Wert annehmen, als sich aus dem Windungszahlverhältnis von Anker und Fremderregerwicklung i, k ergibt. Gefährlich ist das Öffnen des Verbraucherkreises. Dann stehen die vollen AW der Fremderregerwicklung zur Verfügung und rufen einen hohen Kurzschlußstrom zwischen den Bürsten a, b hervor. Man sichert sich unter Umständen durch Spannungsrelais, die an die Nutzklemmen A, B angeschlossen werden. Im Falle b wirkt der Ankerstrom nicht auf die Fremderregung zurück, da die magnetische Gesamtwirkung des vom Strome I_2 durchflossenen Ankers und der ebenfalls durchflossenen Kompensationswicklung G, H nach außen hin Null ist. Das bedeutet aber, daß der Fremderregerstrom i nur das kleine Feld zum Erzeugen des Stromes I_1 aufzubringen hat. Die Folge ist, daß man mit einem winzigen Aufwand an Erregerleistung auskommt. Im übrigen verhält sich die Maschine wie eine normale, fremderregte Gleichstrommaschine. Sie heißt Verstärkermaschine oder mit der bisher bekannteren, amerikanischen Bezeichnung Amplidyne.

[4]) ETZ 62 (1941) H. 16, S. 395; dort weiteres Schrifttum.

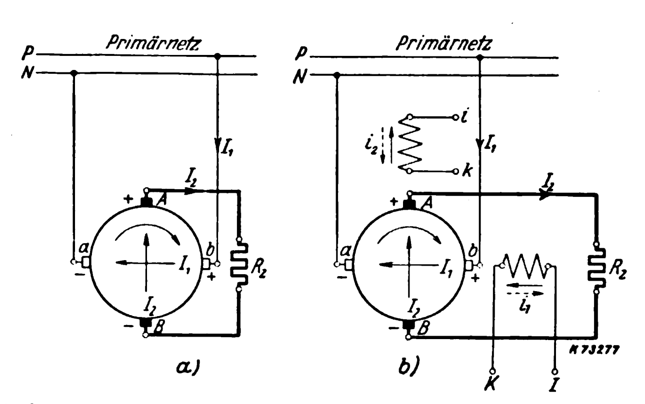


Bild 11. Konstantstromumformer nach Pestarini, *a* ohne und *b* mit Ständerwicklungen.

In Bild 11 ist eine mit Umformer-Metadyne bezeichnete Querfeldmaschine nach Pestarini[5]) wiedergegeben; a zeigt die Maschine in ihrer einfachsten Gestalt ohne Ständerwicklungen, b mit Ständerwicklungen. Die Wirkung ist folgende. Der Strom I_1 wird vom speisenden Netz P, N den Bürsten a, b zugeführt. I_1 ruft einen Ankerfluß senkrecht zu den Bürsten A, B hervor, wodurch zwischen diesen eine Spannung induziert wird. Diese liegt am Verbraucher R_2, der den Strom I_2 aufnimmt, der seinerzeit ein Magnetfeld im Anker erzeugt. Dies ruft eine Spannung zwischen den Primärbürsten a, b hervor, die praktisch gleich der angelegten Netzspannung ist. Da die Spannung zwischen a, b konstant ist, muß auch der Strom I_2, unabhängig von Änderungen des Verbraucherwiderstandes, konstant bleiben. Die Spannung zwischen Bürsten A, B hängt nur vom Primärstrom I_1 ab. Daraus ergibt sich, daß I_1 bei sekundärem Kurzschluß Null ist, bei sekundärer Vollast aber den Nennwert annimmt. Geöffnet darf der Sekundärkreis nicht werden, da dann I_1 einen hohen Wert annehmen würde. Die willkürliche Beeinflussung von I_1 und I_2 ist möglich durch die in b dargestellten zusätzlichen Ständerwicklungen in der Längs- und in der Querachse der Maschine. Wird das Ständerfeld I, K in Richtung des ausgezogenen Pfeiles gespeist, so wird die magnetische Wirkung von I_1 unterstützt; I_1 wird dann kleiner. Speist man umgekehrt, so steigt I_1; I_2 ändert sich dagegen erst, wenn man die Wicklung i, k speist. Hierbei gilt das gleiche. Man kann also beide Ströme unabhängig voneinander regeln und so den Energieaustausch und auch die Höhe des Konstantstromes I_2 verändern. Die beiden Ständerwicklungen heißen daher auch Variatoren oder Regulatoren.

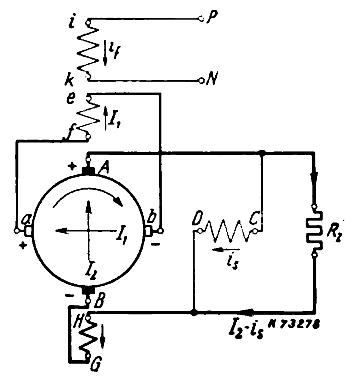


Bild 12. Querfeldgenerator nach Pestarini (Metadyne).

In Bild 12 ist als letztes Beispiel ein Generator nach Pestarini dargestellt. Man geht am besten wieder von der Fremderregung i, k aus. Diese ruft eine Spannung zwischen den Bürsten a, b hervor, die den Strom I_1 zur Folge hat. Dieser fließt über die Gegenkompoundwicklung e, f, die den Zweck hat, daß I_1 bei geöffnetem Sekundärkreis nicht allzusehr ansteigt. I_1 ruft in der Längsachse einen Nutzfluß hervor, der die Spannung zwischen den Bürsten A, B erzeugt. Diese liegen nur über die Wendepolwicklung G, H, die keine kompensierende Wirkung ausübt, sondern nur die Stromwendung erleichtert, am Verbraucherwiderstand R_2. Dort fließt der Strom I_2, der die Wirkung der Fremderregerwicklung i, k bis auf den kleinen, für I_1 benötigten Restbetrag aufhebt. Es handelt sich also wieder um eine Konstantstrommaschine. Zum Verringern von I_1 ist die Ständerwicklung C, D vorgesehen, die so an die Nutzbürsten angeschlossen ist, daß sie deren Spannung verstärkt. Der Schaltung nach ist es also Selbsterregung, obwohl auch hier wieder der kritische Erregerwiderstand absichtlich überschritten

[5]) W. Nürnberg, Die Metadyne und ihre Anwendung im elektrischen Bahnbetriebe ETZ 62 (1941) H. 13, S. 333; dort weiteres Schrifttum.

wird, so daß, wenigstens bei belasteter Maschine, keine Selbsterregung einsetzt. Durch die Wirkung von C, D wird der Strom I_1 auf etwa 5 bis 10 % des Wertes von I_2 verringert. Unterschreitet man übrigens den kritischen Widerstand im Selbsterregerkreis, so werden die AW, die C, D hervorruft, so kräftig, daß der Strom I_2 seinen Konstantwert überschreitet. Dann wird die Wirkung der Fremderregung i, k nicht nur völlig aufgehoben, sondern es treten sogar resultierende AW entgegen der Pfeilrichtung von i, k auf. Dann polen sich die Bürsten a, b um, und I_1 wendet seine Richtung. Dies hat zur Folge, daß die Erregung des Nutzflusses wieder sinkt, wodurch I_2 wieder nahe an den gewünschten Konstantwert herangebracht wird. Beim Entwickeln des Schemas geht man aber von der Wirkung des Feldes i, k aus.

Zusammenfassung

Durch die einzige Annahme, daß bei stromdurchflossenen Spulen und Ankern die magnetische Richtung mit der Stromrichtung übereinstimmen soll, gelingt es, einheitliche Schemata für die normalen und die besonderen Gleichstrommaschinen zu entwerfen, die mit den vom VDE angegebenen Beispielen in Übereinstimmung stehen. Diese Schemen stellen gleichzeitig Raumdiagramme dar, denen die Eigenschaften der dargestellten Maschinen leicht entnommen werden können.

Ein schreibender Spitzenspannungsmesser für technischen Wechsel- und Gleichstrom

(Mitteilung aus dem Physikalischen Laboratorium der Entwicklungsabteilung der Osram GmbH., KG.)

Von **J. Kühne**, Berlin

DK 621.317.725

Übersicht. Ein schreibendes Gerät zur Messung der Amplitude von Spannungsspitzen von Gleich- und Wechselstrom wird beschrieben. Der Meßbereich ist 1000 V bei einer Auflösung von maximal $7 \cdot 10^{-4}$ s bei einem kürzesten Impulsabstand von rd. 1 s.

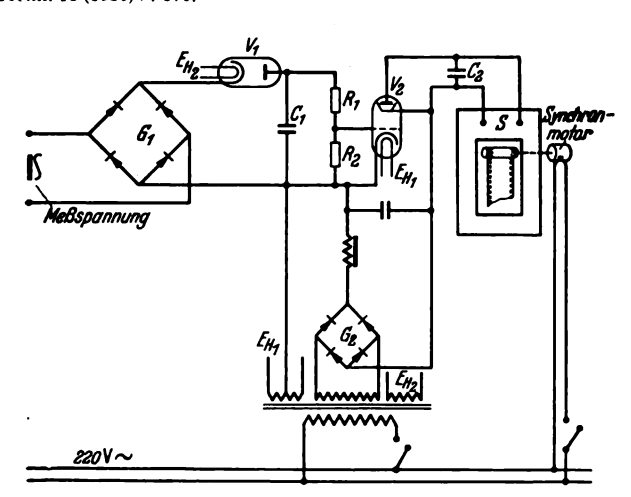
Einleitung

Das Messen von Spannungsspitzen ist eine besonders in Laboratorien auftretende und ohne Registrierung leicht zu lösende Aufgabe. In bekannter Weise wird über ein Ventil ein Ladekondensator zur Spitzenspannung aufgeladen und diese Spannung durch ein elektrostatisches Meßgerät gemessen. Besteht die Notwendigkeit einer Registrierung, so kann die Kondensatorspannung z. B. zum Steuern einer Verstärkerröhre benutzt werden. Eine Anordnung dieser Art wird von Thilo und Bidlingmaier[1]) beschrieben, die aber zum Registrieren von Aussteuerungsspitzen gedacht ist, wie sie in der Elektroakustik vorkommen. Im vorliegenden Falle sollten aber in Lichtnetzen und besonders an Transformatoren und Drosseln auftretende Spannungsspitzen aufgeschrieben werden. Da die Aufgabe in bezug auf Spannungshöhe und -umfang, zeitlichen Ablauf und Abstand der Spannungsspitzen bei technischem Wechselstrom sehr von den Gegebenheiten in der Elektroakustik abweicht, erhält die Lösung trotz gleichen Meßprinzips doch in ihrer endgültigen Schaltung und Ausführung ein verändertes Bild.

Anforderungen und Hauptwerte des Spitzenspannungsschreibers für Niederfrequenz

Die Anforderungen an einen Spitzenspannungsmesser für niederfrequenten Strom unterscheiden sich in folgen-

[1]) H. G. Thilo und M. Bidlingmaier, Der Tonmesser, ein Spannungsspitzenmesser mit logarithmischer Anzeige. Elektr. Nachr.-Techn. 13 (1936) S. 176.



G_1, G_2 Vollweg-Trockengleichrichter C_1, C_2 Kondensatoren
V_1 Glühkathodenventil R_1, R_2 Widerstände
V_2 Pentode S Schreibgerät

Bild 1. Grundsätzliche Schaltung des Spitzenspannungsmessers.

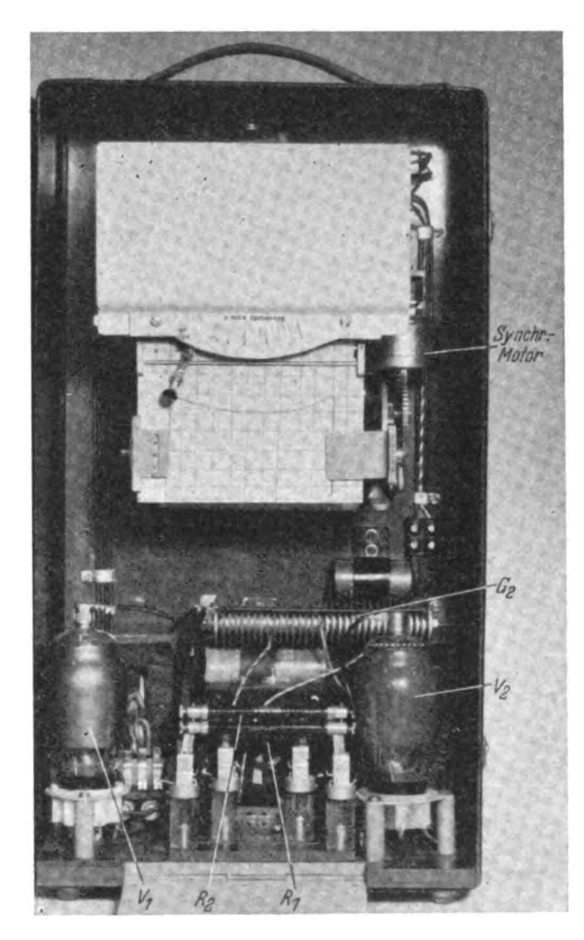


Bild 2. Ausführung des schreibenden Meßgerätes.

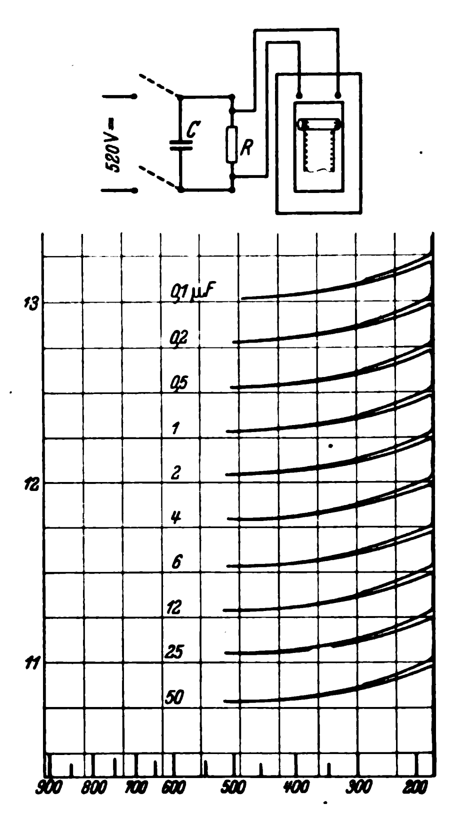


Bild 3. Aufnahme der Entladungsimpulse einer stufenweise geänderten Kondensatorbatterie.

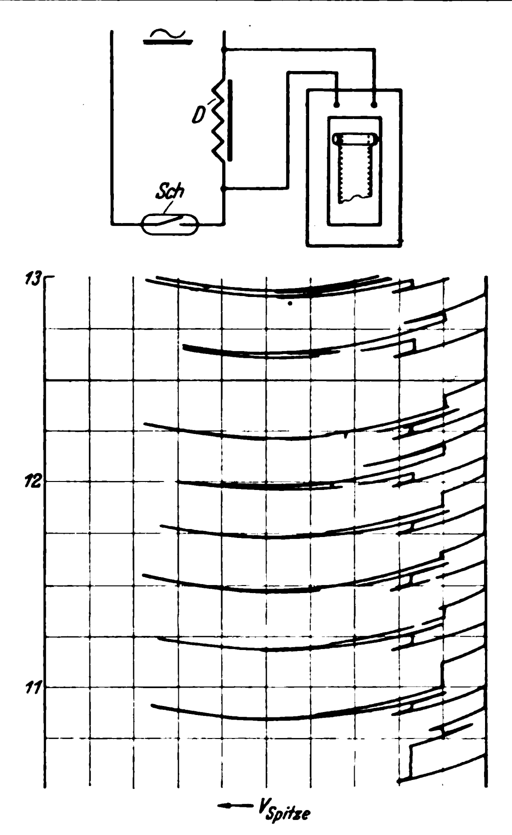


Bild 4. Aufgenommene Extraspannungen an einer Zünddrossel *D* für Leuchtstoffröhren mit einem selbsttätig ein- und ausschaltenden, gasgefüllten Bimetallschalter *Sch*.

den Punkten von einem elektroakustischen Aussteuerungsgerät: Die Dynamik der technischen Spannungsschwankungen ist erheblich geringer als bei akustischen Ereignissen, weshalb sich daher eine logarithmische Anzeige erübrigt. Auch ist die Wahrscheinlichkeit einer kurzen Aufeinanderfolge zweier Stöße in der Starkstromtechnik gering; man wird daher zum Anzeigen und Schreiben Meßgeräte normaler Einstelldauer benutzen können.

Nach Berücksichtigen dieser Überlegungen ergeben sich für den technischen Spitzenspannungsmesser folgende zu erstrebenden Hauptwerte:

Meßbereich	200 bis 1000 V $\simeq$
Kleinste Impulshalbwertdauer .	$1 \cdot 10^{-3}$ s
Geringster Impulsabstand . .	~ 1 s

Schaltung und Arbeitsweise des Meßgerätes

Die Schaltung eines derartigen Gerätes zeigt Bild 1. Die zu untersuchende Wechsel- oder Gleichspannung lädt über einen Vollweg-Trockengleichrichter G_1 hoher Spannungsfestigkeit und ein Ventil V_1 den Ladekondensator C_1 auf die Scheitelspannung auf. Die an dem Kondensator C_1 entstehende Gleichspannung wird durch die Widerstände R_1, R_2 geteilt und ein geeigneter Teil der Röhre V_2 zum Steuern zugeführt. Der durch die Spitzenspannung modulierte Anodenstrom wird von dem Schreiber S aufgezeichnet. Da der Eingang des Gerätes frei von Selbstinduktion ist und beide Halbwellen gleichgerichtet werden, ist es nicht nur für Wechselstrom, sondern auch für Gleichstrom zu gebrauchen, ohne daß eine Möglichkeit zu Verzerrungen und zum Entstehen von Extraspannungen besteht.

Die Größe des Kondensators C_1 wird folgendermaßen bestimmt. Einerseits erfordert die Wiedergabe kurzer Impulse einen möglichst kleinen Kondensator an dieser Stelle. Aber durch den Gitterkreis der Pentode V_2[2]), der das Verwenden höherer Widerstände als 10 bis 20 MΩ nicht zuläßt, und durch den bereits bestimmten Impulsabstand von etwa 1 s wird die Kapazität auf mindestens 0,001 µF festgelegt. Das Erreichen so hoher Gitterwiderstände wie die oben angeführten ist bei handelsüblichen Röhren, wie sie zum Betrieb des Schreibers benutzt werden müssen, als Folge des hohen Anodenstromes nicht ohne weiteres möglich. Es liegt nahe, hierbei an das Verwenden von Dosimeterröhren T 113 oder T 114 zu denken, die ohne Schwierigkeiten um 2 bis 3 Größenordnungen höhere Gitterwiderstände zulassen. Jedoch müßte diese Empfindlichkeitssteigerung mit einer weiteren Gleichstromverstärkerstufe erkauft werden, um den zum Betrieb des Schreibers nötigen Anodenstrom zu erhalten. Nur wenige ausgesuchte Exemplare der AL 2 zeigen selbst bei stark verminderter Anodenspannung einen genügend kleinen Gitterstrom.

Von der Zeitkonstanten des Kreises C_1, R_1, R_2 hängt es ab, welcher Prozentsatz des Betrages der Spitzenspannung am Schreiber S unterdrückt wird und wie groß mindestens der Abstand zweier aufeinanderfolgender Impulse sein muß, damit diese noch getrennt angezeigt werden. In diesem Falle werden Impulse, die 1 s auseinanderliegen, noch aufgelöst.

Zur Dämpfung des Schreibers S liegt parallel zu dessen Systemklemmen ein Elektrolytkondensator C_2 von 150 µF. Das Gerät erhält seine Betriebsspannungen durch den Netzanschlußteil, der mit Trockengleichrichter und Siebmitteln in bekannter Weise ausgerüstet ist. Der Papiervorschub geschieht durch einen Synchronmotor entweder für kurzzeitige Untersuchungen mit 6 cm/min oder für länger dauernde Vorgänge mit 4 cm/h. Das ganze Gerät ist im Schreibergehäuse enthalten.

Bauart und Eichung des Spitzenspannungsmessers

Eine Ausführung des Gerätes zeigt Bild 2, das den Aufbau bei heruntergeklappter Papierauflagefläche darstellt. Man erkennt die Anordnung der Widerstände R_1 und R_2 auf hochisolierenden Bernsteinsäulen, die ein vor-

[2]) Hierfür wurde eine Pentode AL 2 benutzt.

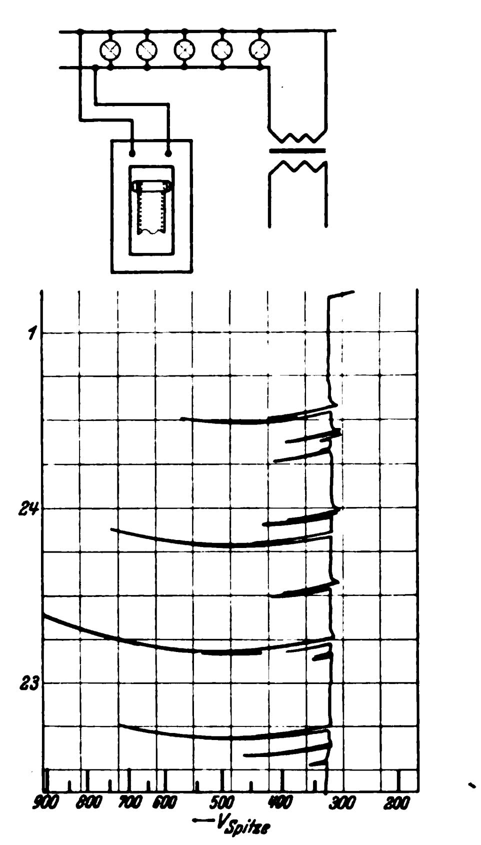


Bild 5. Spannungsverlauf an einem durch durchbrennende Widerstände belasteten Transformator.

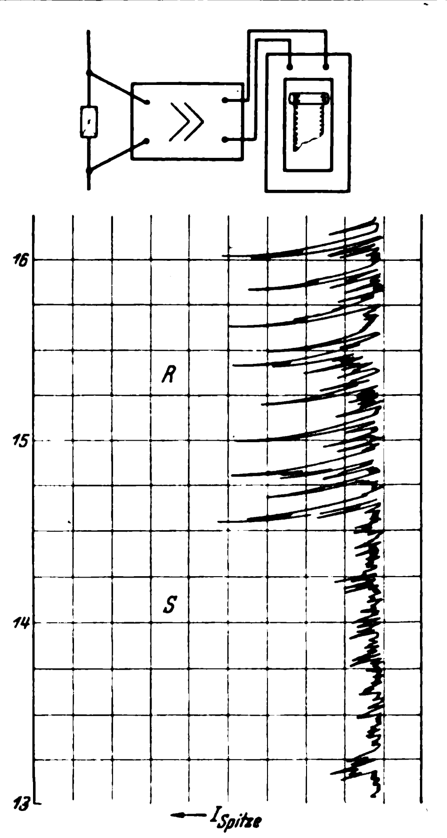


Bild 6. Ermitteln von Stromstößen in der Phase R einer Drehstromleitung.

zeitiges Entladen des Ladekondensators C_1 durch Kriechströme verhindern.

Zur Kontrolle wurde das Gerät vor Inbetriebnahme mit Spannungsstößen von etwa 500 V und veränderlicher Zeitdauer in der Weise geprüft, daß eine Kondensatorbatterie auf 500 V aufgeladen und über einen Widerstand von 10 kΩ entladen wurde. Das Gerät lag an den Klemmen des Kondensators. Die entstehenden Spannungsspitzen sind in Bild 3 dargestellt. Man sieht, daß bei 0,1 μF die Anzeige des Spannungsspitzenwertes erst um 40 % vom Endausschlag abweicht, welche Genauigkeit für diesen Zweck hinreichend ist. Bei Zulassen dieses Fehlers werden demnach Impulse von $7 \cdot 10^{-4}$ s Halbwertdauer genügend genau gemessen.

Meßaufgaben und -ergebnisse mit dem Spitzenspannungsschreiber

Die folgenden Bilder zeigen Kurven und dazugehörige Schaltungen, die mit dem Spitzenspannungsmesser gewonnen wurden. Hierbei wurden meßtechnische Aufgaben gelöst, die nur schwer auf andere Weise durchzuführen waren.

Bild 4 zeigt die Extraspannung, die an einer Zünddrossel D für Leuchtstoffröhren mit selbsttätigem Bimetallschalter auftritt. Der Bimetallschalter *Sch* besitzt eine Gasfüllung, die beim Anlegen von Spannung zündet. Durch die Verluste im Kathodenfall erwärmt sich die eine Elektrode und gibt bei der dadurch verursachten Biegung Kontakt mit der anderen Elektrode. Infolgedessen erlischt die Gasentladung, und der Schaltstreifen kühlt wieder ab, bis er trennt. Beim Trennen entsteht in der Drossel D eine Extraspannung, deren Bild in derselben Abbildung unterhalb des Schaltbildes zu sehen ist. Dieses Prinzip wird zum Zünden von Gasentladungslampen benutzt, und man ist an der Höhe und dem zeitlichen Abstand der entstehenden Spitzen interessiert.

Bild 5 stellt die Spannung an einem größeren Transformator dar, der mit einigen hochbelastbaren Widerständen zur Bestimmung ihrer Lebensdauer belastet ist. Um die Versuchsdauer abzukürzen, werden die Widerstände stark überlastet und die dadurch verkürzten Lebensdauerwerte mit einem Umrechnungsfaktor auf den wahren Wert bei Betriebsbelastung zurückgeführt. Am Ende der Lebensdauer entsteht durch plötzlichen Drahtbruch eine Stromunterbrechung, die eine Extraspannung an dem gering belasteten Transformator zur Folge haben kann. Das Diagramm zeigt diese Spannungsspitzen verschiedener Höhe, wie sie in zeitlicher Aufeinanderfolge entsprechend dem Durchbrennen dieser Widerstände entstehen. Durch Wahl einer genügend hohen Spannung wurde für diese Aufnahme der gesamte Dauerversuch auf eine recht kurze Zeit zusammengerafft.

Auch das Messen von stoßartigen Stromstärken ist mit diesem Gerät möglich. Bild 6 zeigt oben einen Leiter des Drehstromnetzes, von dem zwei Phasen ungefähr die gleiche mittlere Belastung hatten; eine davon erhielt jedoch hohe Stromstöße. Es sollte bestimmt werden, welche Phase diese Stoßbelastung aufnahm. Zu diesem Zweck wurde der Spannungsabfall an der Sicherung in den Leitungen R und S einem Verstärker zugeführt und am Ausgang dieses Verstärkers mit dem Spitzenspannungsmesser untersucht. Man erkennt an dem beifolgendem Diagramm in Bild 6 sofort, daß die Phase R die starken Stromstöße aufnimmt. Die Höhe der Stromstärke läßt sich durch Eichen des Verstärkers leicht bestimmen.

Zusammenfassung

Schaltung und Ausführung eines tragbaren Gerätes zum fortlaufenden Aufzeichnen von Spannungsstößen bis herauf zu 1000 V und einer kleinsten Halbwertsdauer von $7 \cdot 10^{-4}$ s wurden beschrieben und an einigen Meßbeispielen Gelegenheiten gezeigt, bei denen das Gerät vorteilhaft benutzt wurde.

Die Magnetfeldröhre als Empfänger für Zentimeterwellen

DK 621.385.16

Bei Versuchen, Zentimeterwellen für die Nachrichtenübermittlung zu verwenden, stellte es sich heraus, daß sich Magnetfeldröhren als Empfänger wegen der hohen erzielbaren Empfindlichkeit in einem breiten Frequenzbereich gut eignen. Daher wurden die Arbeitsbedingungen verschiedener Röhrentypen eingehend geprüft und versucht, daraus die Wirkungsweise des Magnetfeldröhren-Empfängers zu erklären[1]). Die dabei benutzte Versuchsanordnung zeigt Bild 1. Als Meßsender wird eine gut stabilisierte Magnetfeldröhre verwendet. Um ein kontinuierliches Schwächen der Eingangsfeldstärke des in einem Nachbarraum aufgestellten Empfängers zu erreichen, ohne dabei die Betriebswerte des Senders zu verändern, ist der Sender in einem Schirmkasten hinter einer Lochblende angeordnet, in der ein Schwächungsgitter aus parallelen, im Abstand von 3 mm befindlichen Kupferdrähten verdreht werden kann. Es wird ein mechanisches Modulationsverfahren benutzt. Zwischen Sendedipol und Lochblende rotiert eine Segmentscheibe, die den Hochfrequenzstrahl mit der Frequenz 500 Hz unterbricht. Man erhält dadurch einen frequenzunabhängigen Modulationsgrad von etwa 100%, ohne dabei eine Rückwirkung auf den Sender auszuüben. Der Empfänger ist im Abstand von 5,5 m aufgestellt. An die Magnetfeldröhre ist eine 25 cm lange Lecherleitung angeschlossen, an deren Ende ein 1,5 cm langes Stück zum Dipol umgebogen ist. Eine parallelgeschaltete 10 cm lange Stichleitung dient zum Abstimmen. In dem Abschirmkasten befindet sich außerdem ein Hilfssender für die zwischen 0 und 130 V stetig regelbare Pendelrückkopplungsspannung mit der festen Wellenlänge von 41,7 m. Die Ankopplung auf die Anodenspannung des Senders geschieht induktiv. Die Richtspannung wird an einem Ausgangswiderstand von $R_a = 250\,000\ \Omega$ abgenommen und nach einer 1000fachen Spannungsverstärkung dem Outputmeter zugeführt. Für die Messungen werden wegen der Möglichkeit, die Röhrenabmessungen gegenüber einer Vierschlitzröhre zu verringern, vorzugsweise Zweischlitzröhren mit direkt angekoppeltem Lechersystem mit und ohne Kurzschlußbügel verwendet. Das in der Röhre galvanisch angekoppelte Lechersystem erweist sich für Empfangszwecke nämlich günstiger als das kapazitiv angekoppelte System. Außerdem werden Vollanodenröhren, in denen das Lechersystem zwischen Anodenzylinder und Kathode liegt, untersucht. Die Abmessungen der benutzten Röhren betragen: 0,25 bis 0,75 mm Anodenradius, 0,5 bis 3 mm Anodenlänge. Bei den Messungen wurde mit der festen Senderwellenlänge von 5,3 cm gearbeitet.

In zahlreichen Meßreihen wird nun die Beeinflussung der tonfrequenten Empfängerausgangsspannung durch die einzelnen Betriebsbedingungen belegt und erörtert. Dabei zeigt sich, daß die zum maximalen Empfang erforderliche Anodenspannung mit wachsender Emission ansteigt, und daß es für maximale Ausgangsspannung einen günstigsten Wert der Emission gibt. Ein Steigern des Magnetfeldes führt zum Aufspalten des günstigsten Empfangsbereiches und ist daher zu vermeiden. Die für brauchbaren Empfang geeigneten Einstellungen liegen für das Magnetfeld im Bereich von 4% (100 Gauß), für die Anodenspannung im Bereich von 20% (60 V). Bei zu hoher Emission werden die Einstellungsbereiche ohne Vergrößern der Ausgangsspannung schmäler, auch besteht die Gefahr, die Magnetfeldröhre zu Eigenschwingungen anzuregen. Die Einführung der Pendelrückkopplung beim Empfänger bewirkt, daß das Einstellen der Betriebswerte weniger kritisch wird. Sie bringt eine Verbreiterung des Anodenspannungsbereiches und steigert die Empfindlichkeit des Empfängers. Die Größe der Pendelspannung ist mit 10 bis 15% der Anodenspannung zu bemessen, da bei diesem Wert die größte Ausgangsspannung am Empfänger auftritt. Die Wahl der Pendelfrequenz ist nicht kritisch. Im Gegensatz zum Senderbetrieb läßt sich beim Empfang mit Magnetfeldröhren eine von der Parallelstellung zwischen Röhrenachse und Magnetfeld abweichende günstigste Neigung nicht feststellen. Innerhalb eines Neigungswinkelbereiches von $\pm 6°$ wird durch Nachstimmen der Anodenspannung ungefähr dieselbe Ausgangsspannung erzielt. Das Abstimmen der empfängerseitigen Lecherleitung bewirkt eine maximale Ausnutzung der aufgenommenen Hochfrequenzenergie. Bei richtiger Einstellung der Empfindlichkeit des Empfängers und bei Verwendung der Pendelrückkopplung tritt jedoch weitgehend unabhängig von der Abstimmung der Leitung eine konstante Ausgangsspannung auf. Diese Unabhängigkeit der Ausgangsspannung von der Eingangsspannung bei Pendelrückkopplungsempfang zeigt sich auch innerhalb gewisser Grenzen beim Verändern der Senderfeldstärke durch Verdrehen des Schwächungsgitters in der Lochblende des Senders. Ohne Pendelspannung dagegen verläuft die Ausgangsspannung ähnlich wie die mit einem Bolometer gemessenen Feldstärkenkurven. Da die Betriebsdaten des Empfängers so eingestellt werden müssen, als sollte die zu empfangende Welle erzeugt werden, ist eine Entdämpfung der Empfängerröhre zu vermuten. Beim Empfang ohne Pendelrückkopplung zeigt sich, daß beim Empfangsmaximum keine Schwingungen der Magnetfeldröhre nachweisbar sind. Beim Verringern der Anodenspannung treten Schwingungen auf, in deren Maximalbereich kein Empfang möglich ist. Die Wellenlänge ist dabei etwa gleich der zu empfangenden. Das Einführen der Pendelspannung unterdrückt die Schwingungen vollkommen. Gegenüber dem Magnetfeldröhrensender hat der Magnetfeldröhrenempfänger den Vorteil, innerhalb des Bereiches von etwa zwei Oktaven keine Frequenz zu bevorzugen, nur müssen Magnetfeld und Anodenspannung entsprechend nachgestellt werden. Als günstigste Abmessungen bei $\lambda = 5{,}3$ cm wurden für die Anodenlänge 2 mm und für den Anodenradius 0,5 mm gefunden. Ferner konnte kein Empfindlichkeitsunterschied zwischen Zweischlitzröhren mit und ohne Kurzschlußbügel und Vollanodenröhren gefunden werden.

Aus den Messungen ergeben sich für die Wirkungsweise des Magnetfeldröhrenempfängers für die bei Empfang maßgebenden Effekte der Gleichrichtung und Entdämpfung folgende Schlüsse: Ähnlich wie bei der Bremsfeldröhre bildet sich eine virtuelle Kathode aus, deren Abstand von der Anode um so geringer ist, je kleiner der Unterschied zwischen dem tatsächlichen und dem kritischen Magnetfeld ist. Der Richteffekt entsteht durch Beeinflussung der virtuellen Kathode durch die Empfängerspannung und ist unabhängig von der Umlauffrequenz der Elektronen, d. h. er ist aperiodisch. Für die Empfindlichkeit des Empfängers ist die Entdämpfung der Röhre maßgebend, die durch Herstellen der Schwingneigung erreicht wird. Der durch die Betriebswerte eingestellte Arbeitspunkt stellt einen Mittelwert dar, der für Entdämpfung und Gleichrichtung in gleicher Weise geeignet ist. Beim Pendelrückkopplungsbetrieb tritt dann günstigster Empfang auf, wenn die Pendel- und Anodengleichspannung so gewählt wird, daß die resultierende Spannung möglichst lange in dem für Empfang geeigneten Spannungsbereich liegt. Die Unabhängigkeit von der Senderfeldstärke beim Pendelrückkopplungsempfang erklärt sich aus der hierbei auftretenden logarithmischen Demodulationskennlinie. Zum Schluß wird erwähnt, daß die Bedienung des Empfängers bzw. das Aufsuchen der Empfangsgebiete sich als nicht schwierig erweist. *Drg.*

[1]) H. Schmersow, Z. Hochfrequenztechn. 57 (1941) S. 65; 10 S., 22 B.

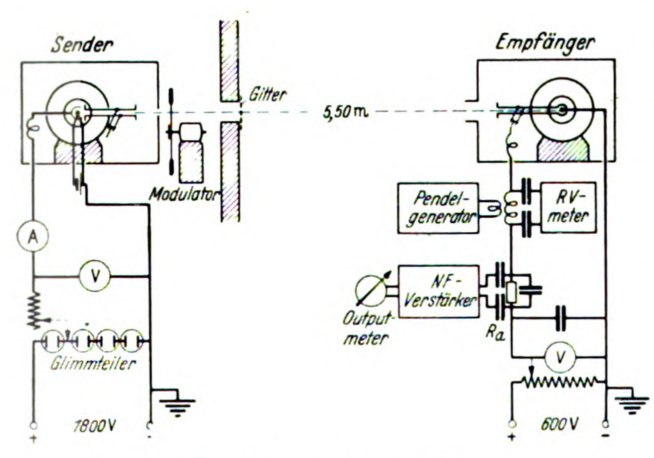


Bild 1. Schema des Versuchsaufbaus.

RUNDSCHAU

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.316.54.064.25

Leistungssteigerung bei alten Ölschaltern. [Nach W. M. Babulewitsch, Elektritscheskije Stanzii (1941) H. 2, S. 3; 6 S., 17 B.]

Die Verbesserung und Modernisierung alter Ölschalter, die bei der Steigerung der Kurzschlußleistung in den Netzen erforderlich wird, stand auch in Deutschland häufig zur Diskussion. Man hat im allgemeinen aber davon abgesehen, weil sich die Anschauungen über die an Hochleistungsschalter zu stellenden Anforderungen in den letzten zehn Jahren grundsätzlich geändert haben. In der Sowjetunion hat man dagegen viel Mühe darauf verwandt, bei Ölschaltern für 150, 110, 35 und 24 kV die Abschaltleistung heraufzusetzen. Man hat zu dem Zweck verschiedenartige Löscheinrichtungen eingebaut und ihre Wirkungsweise teils durch Kurzschlußversuche, teils durch Betriebserfahrungen zu ermitteln versucht. Der Bericht stellt somit die Erfahrungen mehrerer Jahre dar.

Bei einem 150 kV-Dreikesselölschalter, der ursprünglich Zehnfach-Unterbrechung hatte, wurden Kammern mit zwei Unterbrechungsstellen eingebaut, bei denen das Öl von einer Unterbrechungsstelle in die zweite hineingeblasen wurde. Nach Versuchen mit relativ kleiner Leistung, die 400 MVA nicht überstieg, wurde von drei untersuchten Kammern die in Bild 1 dargestellte Kammer für den endgültigen Betrieb ausersehen. Immerhin weist diese Kammer noch bei nur 38 kV wiederkehrender Spannung eine Lichtbogendauer von nahezu 7 Halbwellen bei Strömen zwischen 2000 und 6500 A auf. Auch werden Bedenken geäußert, daß die Kammern dem größeren Druck bei voller wiederkehrender Spannung nicht standhalten. Der schwächste Teil sind offensichtlich die Spannbolzen des Isoliermaterials, durch die die einzelnen Platten der Kammern zusammengehalten werden. Eine ähnliche Löscheinrichtung wurde auch bei Dreikesselölschaltern für 100 kV eingebaut; daraufhin sollen Leistungen von 1500 MVA leichter bewältigt worden sein als vorher 1000 MVA. [Die eingebauten Löscheinrichtungen haben einen erheblichen Nachteil: Im ausgeschalteten Zustand verbinden sie beide unter verschiedener Spannung stehenden Durchführungsanschlüsse. Auf ihren waagerechten Flächen, die der Verschmutzung durch Ölruß ausgesetzt sind, kann es im ausgeschalteten Zustand leicht zu einer Kriechwegbildung kommen, die die Ausschaltfähigkeit des Schalters in Frage stellt. Aus diesem Grunde wird in Deutschland waagerechte Isolation unter Öl grundsätzlich vermieden. D. Ber.]

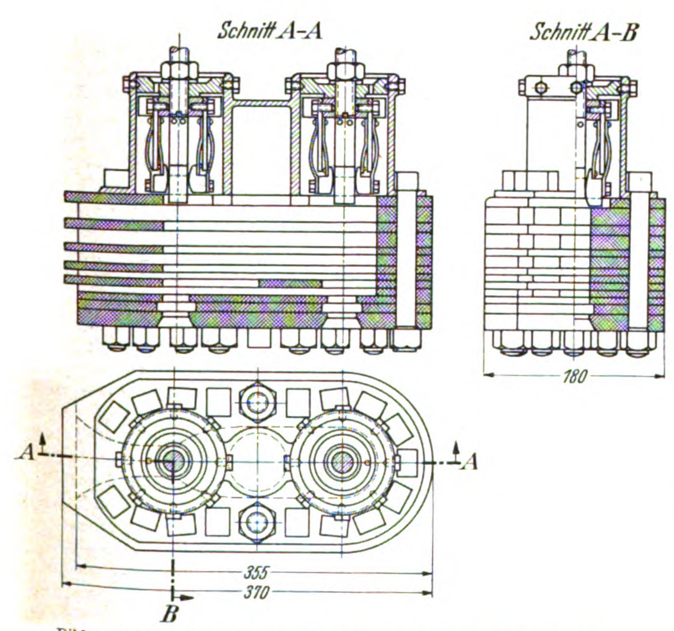


Bild 1. Schnitt durch die Doppelunterbrechungsstelle eines umgebauten 150 kV-Dreikesselölschalters.

Bei einem weiteren 100 kV-Schalter wurden Löschkammern mit Doppelunterbrechung eingebaut, wie sie ähnlich in den V. S. Amerika seit längerem üblich sind[1]). Bei diesem Umbau wurde gleichzeitig die Traverse des Schalters zur Erhöhung der Schaltgeschwindigkeit auf ein Drittel des Gewichtes herabgesetzt. Es zeigte sich aber, daß dann nicht mehr auf Kurzschluß eingeschaltet werden konnte.

Bei 35 kV-Einkesselölschaltern ergab sich, daß der Einbau von Löschkammern allein nicht ausreichte, sondern daß gleichzeitig die Schaltgeschwindigkeit von 0,8 auf 2 m/s vergrößert werden mußte. Durch beide Maßnahmen konnte die Lichtbogendauer von 10,5 auf 4,5 Halbwellen herabgesetzt werden, so daß die Leistung sich etwa verdoppelte. Im großen und ganzen muß aber angezweifelt werden, ob mit der angeblichen Leistungserhöhung auch die Betriebssicherheit der Schalter Schritt hält. W. Kaufmann VDE

DK 621.311.1.064.22

Erfahrungen mit der Schnell-Wiedereinschaltung von Hochspannungs-Übertragungsleitungen. [Nach P. Sporn u. C. A. Muller, Electr. Engng. 60 (1941) Transactions S. 241; $5^1/_3$ S., 2 B.]

Über eine neuartige Vorrichtung zur Schnell-Wiedereinschaltung von Übertragungsleitungen und Erfahrungen hiermit in den V. S. Amerika wurde bereits berichtet[2]). Nunmehr liegen die erweiterten Betriebserfahrungen hierüber von 1936 bis 1940 vor. Während dieser Zeit hat die Schnell-Wiedereinschaltung ausgedehnte Verbreitung gefunden, und es sind zahlreiche Fälle ihrer Betätigung eingetreten, so daß sich über ihre Wirksamkeit bereits einige zuverlässige Schlußfolgerungen ziehen lassen. Das Netz sehr großer Leistung, in dem die Erfahrungen gesammelt wurden, erstreckt sich auf 132 kV-Übertragungsleitungen von 2330 km Länge, die im wesentlichen sämtlich als Doppelleitungen auf Stahlmasten verlegt sind. Der Bericht umfaßt davon 16 Leitungsabschnitte für 132 kV von insgesamt 1140 km Stromkreislänge. Einige auf 132 kV-Masten verlegte und für diese Spannung isolierte Leitungen werden zur Zeit mit 66 kV betrieben. In der gewitterreichen Zeit vom Mai 1936 bis zum November 1940 traten in 72 Fällen Überschläge mit Abschaltungen der Leitungen ein. Hiervon waren 63 Einzelleitungs- und 9 Doppelleitungsstörungen, und dabei ergaben sich 65 erfolgreiche selbsttätige Schnell-Wiedereinschaltungen neben 7 Versagern. In einem Fall war an einem Mast ein größerer Schaden eingetreten, der nur nach längerer Betriebsunterbrechung behoben werden konnte. Mit Außerachtlassen dieser einen Störung beläuft sich die Zahl der Versager auf etwas mehr als 8%. In keinem einzigen Fall versagte jedoch die Wiedereinschaltung aus mechanischen Ursachen, so daß diese stets zum Erfolg führte, sofern nur die elektrischen Bedingungen der Leitung es zuließen. Von 71 Überschlägen erfolgten 55 von Phase gegen Erde mit 53 erfolgreichen Wiedereinschaltungen. In 3 Störungsfällen, die durch die Wiedereinschaltung beseitigt wurden, ergab sich der Überschlag gleichzeitig zwischen den Phasen und Erde. Von 5 Störungen zwischen allen 3 Phasen auf einer Leitung wurden 3 erfolgreich durch die Wiedereinschaltung behoben. In 3 Fällen ergab sich gleichzeitig auf 2 Leitungen der Überschlag von Phase gegen Erde. Auch diese Störungen konnten durch die selbsttätige Wiedereinschaltung ebenso ohne nachteilige Folgen beseitigt werden wie 3 von 4 auf 2 Leitungen gleichzeitig vor sich gehende Phasen- und Erdschlüsse. Der gleichzeitige Überschlag auf 2 Leitungen zwischen allen 3 Phasen führte zu einem Versager der Wiedereinschaltung. In der Regel wurde der Fehler nach etwa 6 bis 8 Wechselstromwellen beseitigt. Die selbsttätige Wiedereinschaltung geschah anschließend nach ungefähr 10 bis 12 Wellen. Bei einem richtig isolierten und mit Erdseilen ausgerüstetem Netz kann im allgemeinen mit 90% erfolgreichen Wiedereinschaltungen gerechnet werden. Im Fall des gleichzeitigen Überschlages auf Doppelleitungen ist die Wahrscheinlichkeit des Versagens der Wiedereinschaltung etwa viermal so groß wie bei dem Überschlag auf der Einzelleitung. Für die Anwendung der selbsttätigen Schnell-Wiedereinschaltung bei Leitungen geringerer Spannung (bis 33 kV) muß der Einschalt-

[1]) Vgl. VDE-Fachber. 5 (1931) S. 44.
[2]) ETZ 61 (1940) S. 696.

mechanismus noch wirtschaftlicher durchgebildet und eine vereinfachte Anordnung der Relais getroffen werden. Aussichtsreiche Entwicklungen hierzu sind im Gange. Die planmäßige Weiterentwicklung der selbsttätigen Schnell-Wiedereinschaltung in Richtung einer Beschleunigung der Fehlerbeseitigung läßt hoffen, daß sich auch die Anzahl der Versager, die bisher 8,5% bei Einfachüberschlägen und etwa 25% beim gleichzeitigen Überschlag auf Doppelleitungen betrug, entsprechend verringern wird. Schon jetzt hat sich jedoch die selbsttätige Schnell-Wiedereinschaltung für Hochspannungsnetze großer Leistung in den V. S. Amerika als unentbehrlich erwiesen, wenn ein gesicherter und wirtschaftlicher Betrieb aufrechterhalten werden soll. *O. N.*

DK 621.311.23(494)

Bombensicheres Kraftwerk in der Schweiz[1]). [Nach L. Martenet, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 32 (1941) S. 226; 2 S., 3 B.]

Die Stadt Neuenburg (Neuchâtel), die 1895 durch das Kraftwerk Clées (1100 kW) versorgt wurde, das 1914 durch das Kraftwerk Chanet mit 3300 kW ersetzt wurde, baute 1902 in Champ-Bougin ein Dampfkraftwerk. Nach 38 Jahren Betriebszeit war das Werk veraltet und für den gesteigerten Strombedarf unzureichend geworden. Man entschloß sich daher zum Bau eines neuen Kraftwerkes, das als momentane Reserve bei Ausfall der speisenden Hochspannungsleitungen und vor allem auch für den Kriegsfall eingesetzt werden sollte. Zunächst wurden zwei Entwürfe durchgearbeitet, nämlich Dieselanlage und Dampfturbinenanlage, letztere mit Velox-Kesseln. Die Untersuchung ergab jedoch, daß beide Projekte für ein reines Reservekraftwerk, das u. U. nur wenige Stunden im Jahr in Betrieb ist, zu teuer waren. Daher wurde eine Gasturbine von 4000 kW Leistung gewählt, die wesentlich geringeren Raumbedarf hat und etwa die Hälfte billiger als eine andere Maschine gleicher Leistung ist. Da dieses Kraftwerk in Hinblick auf Kriegsgefährdung erhöhte Bedeutung erhält, wurde das gesamte Maschinenhaus zum Schutz gegen Fliegerbomben in einem Felsentunnel angeordnet (Bild 2). Das Maschinenhaus hat eine Gesamtlänge von 20 m und eine Höhe von 9 m. Im 3 m hohen Erdgeschoß sind die Maschinenfundamente, ein Dieselsatz sowie die Hochspannungsschaltanlage untergebracht. Das obere 6 m hohe Stockwerk enthält den gesamten Maschinensatz, die Schaltanlage sowie einen Kran für Montagearbeiten. Der Maschinensatz besteht aus einer siebenstufigen Turbine, die mit einem Kompressor, dem Generator mit Erregermaschine sowie einer Turbinendrehvorrichtung auf gemeinsamer Welle sitzt. Angefahren wird mit dem Dieselsatz für 260 kW, dessen Generator den Motor der Drehvorrichtung speist, die die Turbine auf die erforderliche Drehzahl bringt, nach deren Erreichen die Gasturbine sehr schnell auf die Betriebsdrehzahl von 3000 U/min hochläuft und volle Last übernehmen kann. Durch Fliehkraftregler wird die Geschwindigkeit auf etwa 5% konstant gehalten. Der Maschinensatz, der seit April 1940 in Betrieb ist, ist für selbsttätiges Zuschalten bei Ausfall der Netzspannung vorgesehen. Die Eigenbedarfsbetriebe (Pumpen, Ölversorgung, Lüfter u. a.) sind automatisiert. Das Inbetriebsetzen beansprucht 6 bis 7 Minuten. Der thermische Wirkungsgrad, gemessen an den Generatorklemmen, beträgt 17,38%. *B. Kre.*

[1]) Vgl. auch ETZ 61 (1940) S. 743; 60 (1939) S. 105.

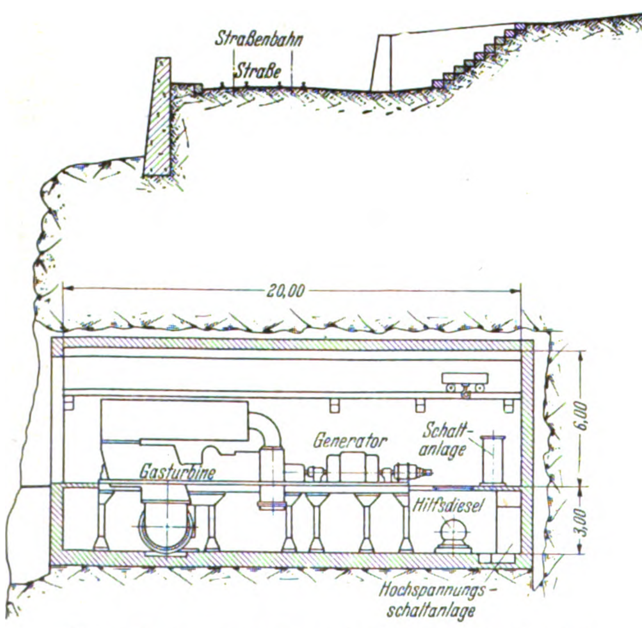


Bild 2. Bombensicheres Kraftwerk Champ-Bougin für 4000 kW.

DK 621.315.29

Vorübergehendes Aufhängen schwerer Kabel über große Spannweiten. [Nach Mohrmann, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 30 (1941) S. 72; 7 S., 9 B.]

Veränderungen in den Verkehrsstraßen stellen auch die Deutsche Reichspost vor mannigfache Aufgaben beim Umlagern der in den Straßen verlegten Kabel. Dabei muß darauf Bedacht genommen werden, die Umlagerung möglichst ohne Betriebsstörung, d. h. ohne daß die Kabel geschnitten werden müssen, auszuführen. In der vorliegenden Abhandlung schildert der Verfasser eine derartige Lösung.

Eine Bahnanlage sollte in einer Tiefe von 7 m die Reichsstraße kreuzen. Auf einer Seite dieser Straße verliefen zwei Fernkabel. Hierdurch ergab sich die Aufgabe, die beiden Kabel während der Baggerung des Einschnittes und bis zum Herstellen einer neuen Brücke solange gesichert aufzuhängen, bis sie nach Beendigen der Arbeiten wieder eingelegt werden konnten. Zum Aufhängen wurde eine Seilkonstruktion in Form einer Hängebrücke gewählt, die mit dem gebräuchlichen Luftkabelbauzeug ausgeführt werden konnte. Die freigelegten Kabel wurden auf Holzbohlen durch senkrechte Seile in gleichen Abständen an dem eigentlichen Trageseil aufgehängt. Da eine leichte Krümmung vorhanden war, war es möglich, die Kabel bis zu 35 cm über der Erdoberfläche zu heben. Bei den zunächst angestellten allgemeinen mathematischen Betrachtungen über Durchhang und Querschnitt des Tragseils wird davon ausgegangen, daß die ganze Konstruktion mit genügender Genauigkeit als Seil mit gleichmäßig verteilter Last angesehen werden kann. Dann werden die erforderlichen Werte für den vorliegenden Fall ausgerechnet.

Bei der Bauausführung wurden zunächst die Standorte für die Stützpunkte einvisiert, dann die Stützpunkte selbst aufgestellt und verankert. Dann wurden die freigelegten Kabel auf Holzbohlen gelagert und nach und nach durch Unterlegen von Ziegelsteinen bis zu einer Höhe von 35 cm gehoben, was ohne Beanspruchen der Kabel auf Zug möglich war. Hierauf wurde das Tragseil mit den Knotenpunkten hergerichtet, die Knotenpunkte nach den berechneten Längen ermittelt und festgelegt. Nachdem der mittlere Knotenpunkt fertiggestellt war, wurde das Tragseil mit den daran hängenden Seilenden mit Hilfe von Flaschenzügen hochgebracht. Jetzt wurden auch die übrigen Knotenpunkte fertiggestellt. Schließlich wurde das Tragseil soweit gespannt, bis sich die Kabel von der Unterlage lösten, worauf das Seil endgültig abgespannt wurde. *Kbr.*

Elektrische Maschinen

DK 621.313.13

Neue Entwicklungslinien im Kleinmaschinenbau[1]). [Nach P. Michaelis, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1941) S. 60; 6 S., 15 B.]

Ein Bild zeigt eine Serie von neuentwickelten vierpoligen Drehstrommotoren in tropfwassergeschützter Bauart mit den Leistungen von 0,4 bis 33 kW, die als besonders formschöne Gußeisenkonstruktionen bezeichnet werden, und keine Schweiß- und Ziehteile enthalten. Bei den kleineren Leistungen sind zwei, bei den größeren drei Breiten in einem Durchmesser untergebracht. Durch geschicktes Abgleichen der elektrischen und magnetischen Beanspruchungen sei es gelungen, die Gewichte und Preise gegenüber früher erheblich zu senken, so daß in den Baujahren von 1900 bis 1935 die Gewichte von 1 auf 0,44 heruntergingen. Eine interessante Schnittgegenüberstellung eines vierpoligen 2,2 kW-Motors des gleichen Zeitraumes zeigt die allmähliche Abnahme des Blechdurchmessers bei geringer Zunahme der Breiten. Zur leichteren Fabrikation wurde das Baukastensystem gewählt, um möglichst viele gleiche Teile zu erhalten, so daß es z. B. möglich geworden ist, mit gleicher Welle und gleichen Lagerschilden Gleit- und Wälzlager auszuführen.

[1]) S. a. O. Binder, Im konstruktiven Bereich der Kleinstmotoren, s. a. ETZ 62 (1940) S. 445.

Außer der tropfwassergeschützten Bauart für schwierige Betriebe werden auch geschlossene, oberflächengekühlte Maschinen gebaut. Man glaubt, durch Vorschriften für die Anlaufverhältnisse den Hersteller zwingen zu können, die Maschinen bezüglich der elektrischen Werte richtig zu entwerfen und bringt dafür einen Normenentwurf in Vorschlag, in dem das Verhältnis Spitzenscheinleistungsaufnahme im Anlauf in kVA zu Nutzleistung an der Welle in kW angegeben wird; z. B. soll ein Einfachkäfigankermotor 8,0 kVA/kW, ein Doppelkäfigankermotor 6,0, dagegen der Schleifringankermotor oder der Kombinationsmotor nur 3,7 nicht überschreiten. Mit einer solchen Festlegung möchte man verhindern, daß Kurzschlußmotoren mit geringerer Leistung gestempelt werden, um billigere Installation oder geringe Anschlußkosten zu erzielen, gleichzeitig soll die Möglichkeit gegeben werden, Zuleitungen und Sicherungen richtig zu bestimmen. In einer Tafel werden für tropfwassergeschützte und oberflächengekühlte Motoren gleichen Paketdurchmessers die Leistungen, Wirkungsgrad, Leistungsfaktor, Anlauf-kVA, Anzugsmoment, ferner relativer Preis und Gewicht gegenübergestellt, und zwar für verschiedene Ankerarten, normaler Käfig-, Tiefnut-, Doppelkäfig-, Schleifring- und Kombinationsanker. Am teuersten und schwersten sind Schleifring- und Kombinationsmotoren, die natürlich kleinste Anlauf-kVA haben. Letzterer hat unter der normalen dreiphasigen Wicklung einen Kurzschlußkäfig. Beim Einschalten läuft der Motor mit dem Käfig an. Durch einen Fliehkraftschalter wird selbsttätig nacheinander über zwei Widerstandsstufen die Wicklung kurzgeschlossen. Leistungssteigerung wurde allgemein durch allmähliches Senken des Baumwollisolationsauftrages erreicht. Der Auftrag war vor 20 Jahren 0,3 mm und ist jetzt 0,2 mm. Neuerdings wird vielfach als Isolation Lackbaumwolle mit 0,15 mm Auftrag gewählt; kleinere Drahtdurchmesser werden nur mit Lack isoliert. Die schweizerische chemische Industrie hat ein Behandlungsverfahren entwickelt, mit dem es gelungen sein soll, die Baumwolle wesentlich hitzebeständiger und beträchtlich weniger hygroskopisch zu machen; gegenüber diesem neuen Baustoff tritt jedoch die Glasfaser in Konkurrenz. *K. Br.*

Geräte und Stromrichter

DK 621.314.22.048.83

Trockenisolierung von Hochspannungsgeräten mit besonderer Berücksichtigung druckgasisolierter Wandler. [Nach H. Hartmann, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 32 (1941) S. 21; 6 S., 9 B.]

Als Ergebnis des Bemühens, Meßwandler mit ölloser Trockenisolation zu bauen, liegt der druckgasisolierte Spannungswandler vor. Bevor jedoch diese Lösung endgültig gewählt wurde, wurden noch andere Überlegungen und Versuche zum Erhöhen der Brandsicherheit der Meßwandler angestellt. Zunächst wurde geprüft, wieweit statt der brennbaren Füll- und Isolierstoffe durch besondere Behandlung, wie Chlorieren und Oxydieren organischer Isolationsstoffe, hergestellte und nicht mehr feuergefährliche Isolierflüssigkeiten oder unbrennbare Massen verwendet werden können. Eine Untersuchung der Flammpunkte und des Verhaltens beim Einwirken des elektrischen Lichtbogens ergab, daß die Brandgefahr wohl verringert, aber eine vollkommene Brandsicherheit nicht erreicht wird. Die überdies gegenüber dem Transformatorenöl vorhandenen Nachteile, wie z. B. chemischer Angriff auf im Transformatorenbau verwendete Stoffe, größere Zähigkeit, größere dielektrische Verluste und zum Teil höherer Preis, ließen die Verwendung unbrennbarer Massen beim Bau brandsicherer Meßwandler als nicht zweckmäßig erscheinen.

Einen anderen Weg stellt die Trockenisolierung mit keramischem Werkstoff dar. Der Vorschlag eines doppelpolig isolierten Spannungswandlers für 10 kV wird betrachtet, dessen Hochspannungswicklung allseitig von Porzellan umschlossen ist. Der Porzellankörper von H-förmigem Querschnitt ist aus einem Stück hergestellt; seine zwei ringförmigen Kammern werden nach Einbringen der vorher gewickelten Hochspannungsspulen in axialer Richtung durch je einen Isolierring abgeschlossen. Wegen der schwierigen Herstellung und der ungünstigen Preisgestaltung wurde auch von dieser Bauart Abstand genommen. [Anm. d. Ber.: Trockenspannungswandler mit keramischer Isolation werden in Deutschland seit Jahren mit Erfolg verwendet[1])].

[1]) Eine Zusammenstellung trockenisolierter Wandler bringt z. B. Walter, Strom- und Spannungswandler. Verlag Oldenbourg, Berlin 1937, S. 105.

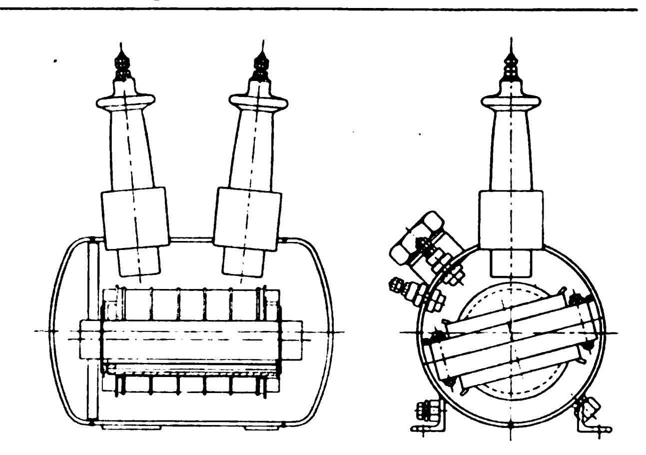


Bild 3. Doppelpolig isolierter Einphasen-Druckgas-Spannungswandler für 11 kV Nennspannung und 42 kV Prüfspannung.

Die günstigen Isoliereigenschaften unter Druck stehender Gase veranlaßten schließlich die Entwicklung von Druckluft-Spannungswandlern. Bild 3 zeigt den grundsätzlichen Aufbau eines solchen doppelpolig isolierten Spannungswandlers. Beim aktiven Teil konnten hinsichtlich Aufbau, Wicklungsunterteilung und Isolierung im wesentlichen die Erfahrungen, die an ölisolierten Geräten gewonnen waren, verwendet werden. Die Oberspannungsdurchführungen sind mit Klemmen am druckfesten Behälter befestigt. Die Klemmen sind ganz zwischen elastischem Werkstoff und selbst einstellend in ihrem Flanschrohr gefaßt, so daß zusätzliche mechanische Beanspruchungen im keramischen Baustoff nicht auftreten können. Der Innendruck des Gerätes erzeugt selbsttätig den zum Abdichten nötigen Druck. Die Zusatzteile umfassen die Druckgasanschlußarmatur mit Rückschlagventil, Druckmesser und Sicherheitsventil. Der Betriebsdruck beträgt 12 bis 14,5 kg/cm². Der Wandler wird entweder dauernd an eine Druckluftanlage angeschlossen — in diesem Falle ist für die langsam nachströmende Luft ein kleiner Entfeuchter vorgesehen —, oder er wird von Zeit zu Zeit aufgefüllt. Das Absinken des Druckes von 14,5 aus 12 kg/cm² kann ein Jahr und länger dauern. Die Sicherheitsfrage der Wandler wurde eingehend untersucht. Auf Grund von Kurzschlußversuchen wird angenommen, daß ein druckgasisolierter Wandler auch ohne Sicherheitsventil im Schadenfalle keine nachteiligen Folgen für die Anlage nach sich ziehen wird. Die Druckgaswandler können in jeder beliebigen Lage verwendet werden. Die Meßkerne können einzeln oder zu mehreren als Meßsätze in einem Gehäuse eingebaut werden. Entwickelt sind Ein- und Mehrphasenwandler für 11, 24 und 37 kV Nennspannung sowie einpolig isolierte Wandler für 64 kV Nenn- und 150 kV Prüfspannung. *W. Hl.*

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.7 : 621.396.62

Meßgeräte in der amerikanischen Rundfunk-Reparaturwerkstatt. [Nach G. Keinath, Arch. techn. Messen 1940, Lfg. 113 u. 114, V 373—2 u. 373—3; 6 S., 13 B.]

Etwa 70 000 Reparaturfachleute unterhalten in den V. S. Amerika Reparaturwerkstätten für die Instandsetzung von Rundfunkgeräten. Die zur Durchführung dieser Arbeiten benötigten Meßgeräte sollen folgende Merkmale besitzen: Vielseitige Verwendbarkeit bei einfacher Handhabung, beschränkte Genauigkeit, Wichtigkeit der äußeren Aufmachung, Tragbarkeit und niedrigsten Preis.

Keinath gibt dann eine sehr allgemein gehaltene, kurze Gerätebeschreibung, ohne auf Einzelheiten näher einzugehen. Bei dem Gerät zur hochohmigen Gleichspannungsmessung wird die Hochohmigkeit durch Röhren erreicht. Es können Spannungen von 5 bis 5000 V gemessen werden. [Bei 5000 V dürften kaum die VDE-Vorschriften eingehalten werden.] Mit einer eingebauten Batterie kann das Gerät durch Umschalten auch zu Widerstandsmessungen verwendet werden mit einem Bereich von Bruchteilen von 1 Ω bis 1000 MΩ.

Zur Kapazitätsmessung wird eine Wien'sche Brücke mit einem magischen Auge als Null-Anzeiger verwendet. Meßfrequenz: 60 Hz Netzfrequenz; Meßbereich: 100 pF bis 1000 μF. Ein *L*- und *C*-Prüfer gestattet in dem Frequenzbereich von 50 kHz bis 20 MHz die Bestimmung von Induktivitäten und Kapazitäten.

Auch auf dem amerikanischen Markt ist eine große Zahl der verschiedensten Ausführungen von Röhrenprüfgeräten vorhanden. Der Hauptwert wird darauf gelegt, eine übersichtliche, leicht bedienbare Umschaltung so vorzunehmen, daß die 400 im Handel befindlichen Röhrentypen auf ihre Brauchbarkeit geprüft werden können. Die eine Gruppe von Geräten stellt bei den vorgeschriebenen Betriebsspannungen den Anodenstrom fest, während die zweite Gruppe an der mit den vorgeschriebenen Gleichspannungen betriebenen Röhre bei bekannter kleiner Eingangswechselspannung die Ausgangsspannung an der Röhre mißt.

Ein Zerhackerprüfer gestattet die Feststellung der Gleichspannung, bei der der Zerhacker gerade anspricht und die Stetigkeit der abgegebenen Energie.

Für Prüfsender werden die Genauigkeitsansprüche nach den in den V. S. Amerika geltenden Empfehlungen angegeben, ebenso wird eine genormte Kunstantenne angegeben, die zur Prüfung der Empfänger mit dem Meßsender verwendet wird. Etwas näher eingegangen wird auf einen Mehrkanalempfängerprüfer, bei dem die Möglichkeit besteht, gleichzeitig die Messung von HF- und ZF-Spannungen, Oszillatorspannungen, NF-spannungen, aus dem Netz aufgenommene Leistung und hochohmige Messung der Gleichstromhilfsspannungen vorzunehmen. Wieweit eine solche Kombination zweckmäßig ist, mag dahingestellt sein.

Mit dem Oszilloskop (Kathodenstrahloszillograph) werden folgende Messungen durchgeführt: Leistungslose Gleich- und Wechselspannungsmessung, Messung grober Verzerrungen, Frequenzvergleich und Sichtbarmachung von Resonanzkurven.

Sds.

DK 621.317.39 : 621.319.4

Betriebliche Messung von Temperaturkoeffizienten von Kondensatoren. [Nach F. Lieblang, Arch. techn. Messen (Febr. 1941) Z 136—4; 4 S., 5 B.]

Die Möglichkeit, Hochfrequenzschwingkreise durch Verwenden keramischer Kondensatoren mit geeigneten Temperaturkoeffizienten temperaturunabhängig aufzubauen, führte zur Entwicklung einer Einrichtung, die zum Messen der Temperaturkoeffizienten großer Mengen von Kondensatoren in der laufenden Fertigung geeignet ist. Die Kapazität der Prüflinge liegt zwischen 5 und 3000 pF, ihr Temperaturkoeffizient zwischen $5 \cdot 10^{-6}$ und $800 \cdot 10^{-6}$. Da die Genauigkeit ausreichen muß, um Abweichungen des Temperaturkoeffizienten, die $1 \cdot 10^{-6}$ betragen, einwandfrei feststellen zu können, kommt nur ein Schwebungsverfahren in Betracht, das die durch die Temperaturänderung bedingte Kapazitätsänderung als Frequenzabweichung mißt; denn die Genauigkeit anzeigender Frequenzmesser ist zu gering, und die Frequenzbrücke ist für betriebliche Mengenmessungen zu zeitraubend. Die Messung wird durchgeführt mit Hilfe nochmaliger Überlagerung mit einer genau bekannten Frequenz und der Beobachtung Lissajousscher Figuren mittels Elektronenstrahlröhren. Das Grundschaltbild der Anlage ist in Bild 4 dargestellt. Der Temperaturkoeffizient ergibt sich aus dem Frequenzvergleich bei den Temperaturen t_0 und $t_0 + \Delta t$. Der Frequenzvergleich bei der Anfangstemperatur t_0 geschieht mit der Elektronenstrahlröhre *I*. Der Prüfling C_x befindet sich am Prüfsender *1*; dessen Frequenz f_1 wird mit einem Variometer feingeregelt. Die Senderspannung wird dem einen Plattenpaar der Elektronenstrahlröhre *I* über einen mit Frequenzzeiger versehenen Verstärker zugeführt. Am anderen Plattenpaar liegt eine über einen abgestimmten Verzerrer ausgewählte Oberwelle f_0 der Normalfrequenz 100 kHz. Zum Frequenzabgleich bei der Endtemperatur $t_0 + \Delta t$ dient die Elektronenstrahlröhre *II*. Die Prüfsenderfrequenz und die entsprechende Quarzoberwelle werden überlagert und demoduliert. Die Differenzfrequenz $\Delta f = f_0 - f_1$ liegt an einem Plattenpaar der Röhre *II*. Am anderen Plattenpaar liegt die Niederfrequenzspannung des Schwebungssummers. Die Frequenz des Schwebungssummers wird solange verstellt, bis an der Röhre *II* eine einfache Lissajoussche Figur entsteht. Δf wird an der Skala des Schwebungssummers abgelesen. Der Temperaturkoeffizient TK ergibt sich zu

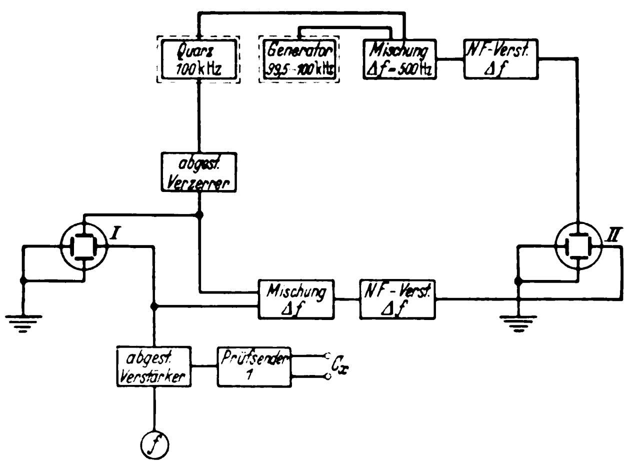


Bild 4. Schaltanordnung der Meßeinrichtung.

$$TK = \frac{2 \Delta f}{f_0 \Delta t} \cdot \frac{C_x + C_0}{C_0},$$

worin C_0 die Kapazität des Prüfsenders ohne C_x darstellt. Zum Prüfen großer Stückzahlen werden mehrere Prüfsender benötigt. Die Meßtemperaturen von 40° und 60° C werden mit der Genauigkeit von ± 0,2° innerhalb 15 min erreicht. Der Quarzgenerator für die Normalfrequenz und der Generator für den Schwebungssummer befinden sich in Ultrathermostaten nach Höppler, deren Innentemperaturen auf ± 0,01° C konstant sind.

A. Kz.

Verkehrstechnik

DK 621.337.53

Eine neue Schienenbremsschaltung. [Nach E. Dozler, Verkehrstechn. 22 (1941) S. 12; 1½ S., 1 B.]

Im Straßenbahnbetrieb war es bisher je nach den Betriebsverhältnissen üblich, Schienenbremsen mit einer Wicklung, die vom Bremsstrom durchflossen wird, oder Schienenbremsen mit zwei Wicklungen zu verwenden. Im letzteren Falle ist die eine Wicklung für den Bremsstrom bestimmt, während die zweite Wicklung vom Netz gespeist wird, um bei Ausbleiben des Bremsstromes die Wirksamkeit der Schienenbremsen aufrechtzuerhalten. Derartige Schienenbremsen fallen, um den Ansprüchen zu genügen, verhältnismäßig schwer aus. Außerdem haben diese Bremsen den Nachteil, daß die Bremswirkung gerade bei hohen Geschwindigkeiten verhältnismäßig gering ist, während sie im unteren Geschwindigkeitsbereich stark anwächst. Im Betrieb ist aber gerade das Gegenteil erwünscht; bei hohen Geschwindigkeiten ist eine starke Bremskraft notwendig, da diese den Bremsweg maßgebend beeinflußt, während bei niedrigeren Geschwindigkeiten, um Gleis- und Bremsschuhe zu schonen, eine herabgesetzte Bremskraft zweckmäßig ist. Um diese vom Betrieb gestellten Forderungen zu erfüllen, ist eine von der Fahrgeschwindigkeit abhängige Regelung der Erregung der Schienenbremsen nötig.

Bei der vorgeschlagenen Schaltung (Bild 5) wird die geschwindigkeitsabhängige Regelung der Schienenbremsen in einfacher Weise selbsttätig erzielt. Zu diesem Zwecke erhalten die Schienenbremsen nur eine Wicklung, die sowohl von der Motorbremsspannung als auch vom Netz erregt werden kann. Diese Anordnung hat den Vorzug, daß die Bremsen unter voller Ausnutzung des Wickelraumes leistungsfähiger sind oder bei gleicher Leistung kleiner als Schienenbremsen mit Doppelwicklung gebaut werden können. Bei der neuen Schaltung liegen die Schienenbremsen parallel zum Regelwiderstand. Auf diese Weise ist die vom Betrieb gestellte Forderung erfüllt, da die Motorspannung der Geschwindigkeit verhältnisgleich ist. Wie aus der dargestellten Schaltung hervorgeht, liegen die Schienenbremsen des Triebwagens und der Beiwagen bei eingeschalteter Kurzschlußbremse stets an der Bremsspannung der Motoren und bremsen betriebsmäßig auf Grund der Einstellung des Regelwiderstandes mit der für den Betrieb gewünschten Bremskraft.

Im Gefahrfalle ist es jedoch erwünscht, vom Beginn bis zum Schluß der Bremsung eine gleichmäßige hohe Bremskraft mit den Schienenbremsen zu erreichen. In diesem Falle werden die Schienenbremsen durch Kontakte, die vom Sandstreuhebel betätigt werden, an die Netzspannung gelegt. Da der Sandstreuhebel für die Dauer jeder Gefahrbremsung benutzt werden muß, bleiben die Schienenbremsen bis zum Schluß einer derartigen Bremsung voll erregt. Durch diese Maßnahme ist ein Versagen der Schienenbremsen im Gefahrfalle ausgeschlossen, da die Abhängigkeit von den Motoren, die infolge Überbremsung oder schlüpfriger Schienen keine oder nur eine geringe Bremsspannung erzeugen würden, aufgehoben ist. Sollte ausnahmsweise einmal während einer Gefahrbremsung die Netzspannung ausbleiben, so trennt ein Nullspannungsschütz die Schienenbremsen vom Netz ab und legt diese wieder an die Brems-

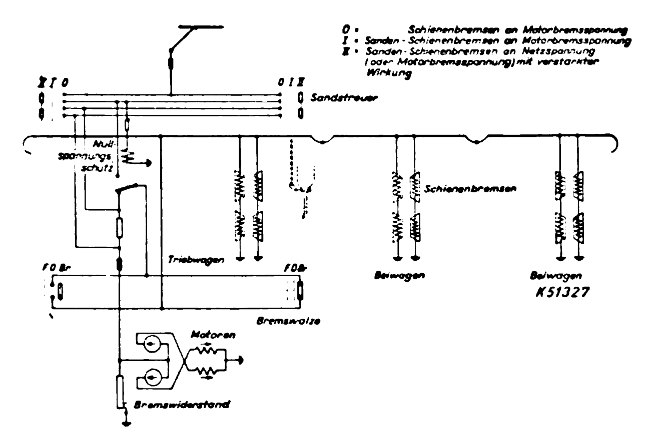


Bild 5. Schaltung für Schienenbremsen mit Spannungswicklung.

spannung der Motoren. Durch den Sandstreuhebel werden außerdem im Gefahrfalle zwei Kontakte gesteuert, die ein Kurzschließen des den Schienenbremsen betriebsmäßig vorgeschalteten Widerstandes bewirken. Die Erregung der Schienenbremsen wird dadurch verstärkt. Dieser Zustand bleibt auch bestehen, wenn die Erregung der Bremsen durch das Netz ausbleiben sollte.

Die beschriebenen Vorgänge spielen sich selbsttätig ab. Der Fahrer braucht also nur den Triebwagen in der gewohnten Weise zu bedienen. Damit die Schienenbremskraft den jeweiligen Betriebsverhältnissen angepaßt werden kann, ist der Vorwiderstand, der vom Sandstreuhebel kurzgeschlossen wird, einstellbar. An den Verhältnissen im Gefahrfalle wird hierbei nichts geändert. *Gnr.*

DK 625.23.012.8

Pendelnde Aufhängung von Eisenbahnwagen. [Nach Electr. Engng. 60 (1941) S. 15; 1 S., 1 B.]

Beim Einführen des Schnellverkehrs auf Schienenbahnen[1][2] ist eine Fülle von Aufgaben zu lösen. Ein Problem, mit dem sich der Wagenbauer zu beschäftigen hat, ist der Wagenlauf und hierbei besonders der Lauf der Fahrzeuge in Gleiskrümmungen. Bei den heute üblichen Höchstgeschwindigkeiten sind im Eisenbahnfahrzeugbau keine besonderen Maßnahmen zum Ausgleich der Fliehkraft beim Durchfahren von Krümmungen erforderlich. Die Gleisüberhöhungen sind so bemessen, daß bei der entsprechend dem Krümmungshalbmesser H [m] zugelassenen Höchstgeschwindigkeit (bei der Deutschen Reichsbahn z. B. $4{,}5\sqrt{H}$ für Triebwagen und die von elektrischen Lokomotiven gezogenen Züge) die Fliehkraft nahezu ausgeglichen ist und das Fahrzeug mit genügender Standsicherheit die Krümmungen durchfährt. Der Größtwert der Überhöhung (bei der Deutschen Reichsbahn 150 mm) ist dadurch begrenzt, daß auch auf Züge mit geringerer Geschwindigkeit und auf das in der Krümmung stillstehende Fahrzeug Rücksicht genommen werden muß. Es ist deshalb auch nicht möglich, zur Steigerung der Geschwindigkeit in Krümmungen eine größere Gleisüberhöhung zuzulassen. Bei den jetzigen Überhöhungen würde aber bei größerer Geschwindigkeit die Fliehkraft nicht mehr vollkommen ausgeglichen sein, und der Reisende würde das Fahren durch Gleiskrümmungen sehr unangenehm empfinden. Die Schräglage des Wagens muß also, wenn man bei der vorhandenen Gleisüberhöhung schneller fahren will, auf andere Weise erzielt werden. Sorgt man z. B. dafür, daß sich der Wagenkasten selbst unabhängig vom Fahrgestell senkrecht zur Resultierenden aus Schwer- und Fliehkraft einstellt, so wird die unangenehme Einwirkung der Fliehkraft auf den Reisenden beseitigt, und es ist möglich, die Geschwindigkeit in kurvenreichen Strecken über den jetzt zugelassenen Höchstwert hinaus ohne Änderung der üblichen Schienenüberhöhung heraufzusetzen.

Die Santa Fe-Eisenbahn in den V. S. Amerika hat dieses Problem durch eine besondere Lagerung des Wagenkastens auf den Drehgestellen gelöst[3][4][5]. Der Wagenkasten ist dabei über seinem Schwerpunkt pendelnd aufgehängt bzw. abgestützt. Die Anordnung wurde bei einem Doppelwagen versuchsweise ausgeführt und mit Erfolg erprobt. Die vorbereitenden Arbeiten liegen schon einige Jahre zurück. Die Drehgestelle des Versuchswagens der Santa Fe-Eisenbahn haben zwischen den Achsen zu beiden Seiten der Wagenmittellinie je einen Aufbau, auf dem der Wagenkasten etwa in Kopfhöhe eines im Wagen stehenden Reisenden mittels langer Schraubenfedern abgestützt ist. Unterhalb des Wagenfußbodens ist der Wagenkasten mit dem Drehgestell durch einen in Gummi gelagerten Lenker verbunden. Die Kurvenbeweglichkeit des Drehgestelles bleibt dabei erhalten. In Gleiskrümmungen erlaubt die elastische Lagerung ein sanftes Einschwingen des Wagenkastens in die Resultierende aus Schwer- und Fliehkraft. Eine besondere, zwischen den Abstützfedern und der Wagenseitenwand angeordnete Dämpfungseinrichtung verhindert ein Aufschaukeln der Pendelbewegungen. Da sich die Abstützungen zu beiden Seiten der Wagenmittellinie befinden, ist durch die Anordnung eines mittleren Durchgangs der Verkehr der Reisenden zwischen den vor und hinter den Drehgestellen liegenden Abteilräumen möglich. Der Fußboden ist heruntergezogen, um einen tiefen Schwerpunkt des Wagenkastens zu erreichen. Durch die gewählte Aufhängung sollen übrigens auch die von den Drehgestellen herrührenden Bewegungen und Stöße angenehm abgedämpft worden sein. Die guten Erfahrungen mit der Versuchswageneinheit, die ohne besondere Inneneinrichtung ausgeführt war, veranlaßten die Santa Fe-, Great Northern- und die Burlington-Eisenbahnen, je einen Wagen in Leichtbauweise mit hochgelagerter Schwerpunktsaufhängung in Auftrag zu geben. Es ist beabsichtigt, die Wagen während des Versuchsbetriebes zusammen laufen zu lassen.

Der Gedanke, das Fahren von Eisenbahnwagen in Gleiskrümmungen durch Auflagerung des Wagenkastens über seinem Schwerpunkt zu verbessern, wurde auch in Deutschland vielfach erörtert[1][2][3]. Drechsel macht seit Jahren Versuche mit einem Straßenfahrzeug, das sich in die Kurve „legt"[4]. Es sind auch bereits Entwürfe für Eisenbahnwagen mit pendelnder Aufhängung vorhanden. Drechsel benutzt zur Stabilisierung der Pendelbewegungen des Fahrzeugs einen Kreisel; dieser soll das Einschwingen des Wagenkastens in die Schräglage unterstützen und gleichzeitig Schwankungen des Fahrzeugs um die Wagenlängsachse verhindern. Auf diese Weise soll ein angenehmes Fahren erreicht werden. Bäseler zeigt in seiner Abhandlung[3] den Entwurf eines Schnelltriebwagens, wie er nach Drechsel ausgeführt werden müßte. Der Wagenkasten ist über den Drehgestellen auf Kugelpfannen gelagert, die 1,50 m über Schienenoberkante liegen. Der Fußboden des Wagens ist zwischen den Drehgestellen heruntergezogen, so daß der Wagenkastenschwerpunkt etwas unter dem Aufhängepunkt liegt. Der Wagenkasten kann um 15° gegen die Lotrechte um seine Längsachse schwingen; seine Bewegungen werden durch den Kreisel gesteuert. Drechsel rechnet mit einer erreichbaren Kurvengeschwindigkeit von 6,5 bis $7 \cdot \sqrt{H}$ bei Eisenbahnfahrzeugen. *E. Rg.*

1) Leibbrand, Weiterentwicklung des Schienenwegs. Großdtsch. Verkehr 35 (1941) S. 110.

2) Kother, Schmer, P. Müller, Hutt, K. Mann, Elektrische Bahnen für Fernschnellverkehr. VDE-Fachber. 11 (1939) S. 194.

3) Pendulum suspension for railway vehicles. Rly. Gaz., N. Y. 69 (1938) S. 168.

4) A fundamental development in suspension and construction for railroad cars. Mech. Engng. (1940) S. 779.

5) New pendulum-suspension cars to be tested. Electr. Engng. 60 (1941) S. 15.

Fernmeldetechnik

DK 538.561.029.6

Ein neuartiger Ultrakurzwellengenerator mit Phasenfokussierung (II). [Nach F. Lüdi, Helv. phys. Acta 13 (1940) S. 489; 24 S., 8 B.]

In den geschwindigkeitsgesteuerten Laufzeitröhren geschieht die Steuerung der Elektronen und die Auskoppelung der hochfrequenten Energie in zwei verschiedenen Wechselfeldern[5]. Die Felder werden z. B. bei dem Klystron zwischen den beiden Kapazitätsplatten der Hohlraumresonatoren ausgebildet, die genau aufeinander abgestimmt sein müssen. Diese Eigenschaft erschwert die Konstruktion von abgeschmolzenen Röhren erheblich. Die geschilderte Röhre benutzt an Stelle der beiden Hohlraumresonatoren ein Paralleldrahtsystem, das

1) Drechsel, Die Lösung der Schnellverkehrsfrage durch den kurvenneigenden Kreiselwagen. Ztg. Ver. Mitteleurop. Eisenb.-Verw. 78 (1938) S. 377 u. 397.

2) Schwanck, Der Einfluß kurvenschneller Eisenbahnfahrzeuge auf die Betriebsführung der Eisenbahnen. Ztg. Ver. Mitteleurop. Eisenb.-Verw. 77 (1937) S. 943.

3) Bäseler, Zur Theorie des Kreiselwagens. Ztg. Ver. Mitteleurop. Eisenb.-Verw. 80 (1940) S. 449.

4) Drechsel, Die Theorie des Kreiselwagenfahrgestells. Autom.-techn. Z. 38 (1935) S. 603

5) S. a. H. Döring u. L. Mayer, Geschwindigkeitsgesteuerte Laufzeitröhren. ETZ 61 (1940) S. 685 u. S. 715; F. Lüdi, Der Ultrakurzwellengenerator mit Phasenfokussierung (I). Helv. phys. Acta 13 (1940) S. 122. Ref.: ETZ 61 (1940) S. 1059.

einseitig kurzgeschlossen ist und in der Nähe der Enden die beiden Elektrodenpaare trägt, zwischen denen sich Steuer- und Auskopplerfeld ausbilden. Durch die Leitung ist gleichzeitig eine Rückkopplung vorgegeben, die für den Betrieb der Röhre als Generator nötig ist. Beim Durchrechnen der Anordnung wird zunächst an einem Ersatzschema die Eignung der an drei Stellen überbrückten Leitung als Schwingsystem untersucht und die Eigenfrequenzen bestimmt. Danach ist die Spannung auf der Leitung sinusförmig verteilt, und es sind diskrete Schwingbereiche und keine Koppelwellen vorhanden. Die Länge der Grundwelle ist wegen der Kapazitäten der Elektroden größer als das Vierfache der Leitungslänge. Aus den Gleichungen der Paralleldrahtleitung folgt das für die Rückkopplungsbedingung maßgebende Verhältnis zwischen Steuer- und Auskopplerspannung. Beide Spannungen sind außerdem im stationären Betrieb durch den durchtretenden Elektronenstrom miteinander verknüpft. Das System schwingt, wenn die über die Rückkopplung am Steuerfeld erzeugte Spannung größer als die Ausgangssteuerspannung ist. Das Ungleichheitszeichen dieser Bedingung für die Spannungsamplituden geht im stationären Betrieb in das Gleichheitszeichen infolge der Nichtlinearität der Stromsteuerung über. Außerdem folgt aus den genannten Gleichungen eine Frequenzbedingung, aus der hervorgeht, daß die sich einstellende Frequenz nicht von der Größe des Elektronenstromes, sondern lediglich von der Elektronenbeschleunigungsspannung abhängt. Man kann also durch richtiges Einstellen der Beschleunigungsspannung bei der Resonanzfrequenz des Lechersystems arbeiten. Eine für Klystrons allgemeingültige Betrachtung ergibt die zum Erreichen des maximalen Wirkungsgrades erforderliche Rückkopplung. Diese ursprünglich für eine lineare Stromsteuerung abgeleitete Beziehung gilt auch für den im Betrieb auftretenden Fall einer nichtlinearen Steuerung. Die weiteren Bedingungen für maximalen Wirkungsgrad sind folgende: Die größte Stromsteuerung muß an der Stelle der Auskoppelelektroden auftreten. Die Entfernung der Auskoppelelektroden voneinander muß so gewählt sein, daß der Sinus des Laufzeitwinkels $\frac{\omega\, l}{2\, v_0}$ der Elektronen gleich 1 wird. Außerdem muß die durch die Stromkopplung eingestellte Arbeitsfrequenz mit der Resonanzfrequenz der Lecherleitung übereinstimmen. Mit den Betriebswerten und Abmessungen einer praktisch ausgeführten Röhre für $\lambda = 30$ cm wird die Gültigkeit der abgeleiteten Formeln bestätigt. Die Elektronenbeschleunigungsspannung beträgt dabei $U_0 = 400$ V, der Strahlstrom $I_0 = 100$ mA, die Kapazität der Elektrodenpaare $C_1 \approx C_2 \approx 1$ pF, die Leitungslänge $l_2 \approx l_1 + l_2 = 5$ cm, der innere Widerstand des Generators $R = 5000\,\Omega$. Aus der Rechnung folgt auch, wie es der Versuch zeigt, daß die Röhre bereits bei $I_0 = 20$ bis 30 mA anschwingen muß. Da der Belastungswiderstand meist wesentlich kleiner als der Generatorwiderstand ist, müssen Leitungsstücke zum Anpassen benutzt werden. Bei der beschriebenen Röhre wird die Anpassungsleitung kapazitiv an die Auskoppelelektroden angekoppelt. Dies bietet den Vorteil, die Belastung getrennt von der Betriebsgleichspannung durchzuführen. Das eine Ende der Belastungsleitung ist in der Röhre miteingeschmolzen und wird außen in der Entfernung $\lambda/4$ durch das Belastungslämpchen abgeschlossen. Gegebenenfalls muß noch eine zweite Transformationsleitung benutzt werden, um eine richtige Anpassung zu erhalten. Da der Resonanzwiderstand des Leitungssystems in der Größenordnung des Anpassungswiderstandes liegt und diesem parallelgeschaltet ist, sinkt der Wirkungsgrad auf ein Viertel des maximalen Wertes. Tatsächlich wurde bei 8 W Strahlleistung ein Wirkungsgrad von 10% gemessen; doch hängt dieser Wert auch noch von der Strahlkonzentration ab. Zum Schluß wird darauf hingewiesen, daß an Stelle der Paralleldrahtleitung auch ein Hohlleiter verwendet werden kann, in dem die Steuer- und Auskoppelelektroden angeordnet sind. Da die Wellenlänge in erster Linie durch den Durchmesser des Hohlleiters und nicht wie bei der Paralleldrahtleitung durch ihre Länge, bestimmt ist, kann der zum Erfüllen der Anschwingbedingung erforderliche Abstand der Elektrodenpaare eingehalten werden. *Drg.*

DK 621.395.73

Neuere Entwicklungen der Breitbandkabeltechnik. [Nach E. Keutner, Europ. Fernsprechdienst, 56. Folge (1940) S. 181; 5 S., 9 B.]

Die Arbeit schildert die in den letzten Jahren durchgeführte Weiterentwicklung des Breitbandkabels, die von zwei besonderen Merkmalen getragen wird. Im Rahmen der allgemeinen Umstellung von devisenzehrenden Rohstoffen auf Heimstoffe wurde als Innenleiter der sogenannte „Sparleiter" geschaffen. Ferner wurde in der Reihe der bereits bestehenden konzentrischen Außenleiter (Kupferbandleiter, Sickenleiter, Schalenleiter, Rohrleiter) ein neuer, der sogenannte „Faltenleiter", entwickelt. Da die Hochfrequenzströme nur auf der oberen Fläche fließen, lag es nahe, den besonders starken Innenleiter nicht mehr ganz aus dem wertvollen Rohstoff Kupfer herzustellen. Wenn auch die ersten Bemühungen für eine brauchbare Lösung schon weiter zurückliegen, so kam man beim weiteren Verfolgen der einzelnen Möglichkeiten nunmehr zu der Erkenntnis, daß für Breitbandkabel mit Rücksicht auf einen möglichst kleinen Gleichstromwiderstand weder ein Hohlleiter noch eine Füllung mit einem nichtleitenden Stoff in Betracht kommt. Daher wurde Aluminium als Füllmaterial genommen; über einen runden Aluminiumdraht wird ein dünnes Kupferband gefalzt und dann auf den üblichen Durchmesser von 5 mm gezogen. Durch das Ziehen drückt sich der Falz in das Aluminium ein, so daß ein schöner, gleichmäßig runder Draht entsteht, dessen Naht von außen nur schwach sichtbar ist. Dieser Sparleiter ist dem massiven Kupferleiter in elektrischer und mechanischer Beziehung vollkommen gleichwertig. Da der Außenleiter für Hochfrequenz nur zu einem kleinen Teil am Gesamtwiderstand und damit an der Dämpfung beteiligt ist, erschien es zweckmäßig, reines Aluminium zu verwenden. Zum Ausgleich der kilometrischen Dämpfung gegenüber dem reinen Kupferkabel wurde der Durchmesser des Außenleiters von 18 auf 19,5 mm vergrößert. An Stelle reinen Aluminiums wird wegen ihrer höheren Festigkeit bei fast gleich guter Leitfähigkeit die Aluminiumlegierung Aldrey mit Vorteil verwendet, die in halbweichem Zustand verarbeitet wird. Eingehende Untersuchungen dieses Leiters zeigten eine hohe Druckfestigkeit und ein befriedigendes Verhalten gegenüber Zug-Biegebeanspruchungen. Dadurch wurden insgesamt 88% des bisherigen Kupferverbrauchs eingespart. Innerhalb der letzten 5 Jahre konnten die benötigten Metallmengen auf den sechsten Teil und die zugehörigen Metallkosten auf die Hälfte herabgesetzt werden; die absoluten Devisenkosten ermäßigten sich auf den neunten Teil, wobei der prozentuale Devisenanteil von 75% auf 16,5% sank. Der Faltenleiter wurde zunächst vornehmlich zur Erhöhung der Biegsamkeit gegenüber den bisher verwendeten Außenleitern entwickelt. Bei den weiteren Untersuchungen zeigte er sich auch in bezug auf Druckfestigkeit und Wellenwiderstandsschwankungen besonders hochwertig. *Rbh.*

DK 538.566.029.6

Grenzwellen und Streustrahlung in der Funkausbreitung. [Nach B. Beckmann, W. Menzel u. F. Vilbig. Telegr.-, Fernspr.-, Funk- und Fernsehtechn. 30 (1941) S. 43; 9 S., 15 B.]

Die Verfasser weisen zunächst auf das Vorhandensein zweier Grenzwellen der Ionosphäre hin. Die obere Grenzwelle entspricht der Dämpfungsgrenze bei starker Ionisation der leitenden Schichten, während die untere Grenzwelle bei geringer Ionisation der Ionosphärenschichten als die Welle in Erscheinung tritt, die gerade noch reflexionsfähig ist. Die letztgenannte untere Grenzwelle λ_{gr} für beliebige Abstrahlwinkel Θ ist nach der Theorie mit der Ionisation N verknüpft durch die Gleichung

$$\lambda_{gr} = \sqrt{\frac{m}{N} \frac{\pi c^2}{e^2}} \sin\Theta = \lambda_{gr\perp} \sin\Theta$$

(m Masse, N Zahl der Ladungsträger in cm³, e Elementarquantum, c Lichtgeschwindigkeit, $\lambda_{gr\perp}$ Grenzwelle für senkrechten Welleneinfall). Die untere Grenzwelle ist bei der Echolotungsmessung der Ionosphäre durch sogenannte Auf- und Untergänge gekennzeichnet; es handelt sich hierbei um das Erscheinen und Verschwinden der Reflexion bei gleichzeitigem Aufspaltungsvorgang. Durch diese Auf- und Untergänge ist in der Funkübertragung das Ein- und Aussetzen einer Übertragungslinie gegeben (unter Berücksichtigung der oben erwähnten Winkelabhängigkeit, d. h. also Entfernungsabhängigkeit). Die Auf- und Untergänge in der Feldstärkeregistrierung zeichnen sich durch einen besonders hervortretenden Schwundverlauf aus, der durch den Aufspaltungsvorgang im Zusammenwirken mit der Fernstrahlung entsteht. Hierauf haben die Verfasser in einer früheren Arbeit hingewiesen; sie geben jetzt Beispiele für den Feldstärkeverlauf von Auf- und Untergängen, für einen Untergang einer Mehrfachreflexion und für einen Übergang der Reflexion von der höheren F-Schicht zu einer tiefer liegenden E-Schicht[1]). Ferner werden verschiedene Formen der beobachteten Untergangskurven gezeigt und ihr Zustandekommen

[1]) S. a. H. A. Heß, Die abnormale E-Schicht der Ionosphäre und eine ungewöhnliche Fernwirkung von Ultrakurzwellen. ETZ 62 (1941) H. 17, S. 401.

erläutert. Die Feldstärkeregistrierungen wurden in München durchgeführt und erstreckten sich auf die Kurzwellensender Berlin-Zeesen, Rom, Paris, London, Oslo, Moskau und New-York. Über mehrere Monate wurden die Untergangszeiten dieser Sender beobachtet. In Verbindung mit Echomessungen bei senkrechtem Einfall ergab obige Formel recht gute Übereinstimmung mit den beobachteten Übertragungsverhältnissen.

Im zweiten Teil der Arbeit wird über Streustrahlung berichtet. Auch innerhalb von toten Zonen ist bekanntlich ein geringer Empfang möglich. Dies bestätigt auch die Tatsache, daß nach Untergängen die Feldstärkeregistrierungen in manchen Fällen geringe Streustrahlung zeigten, ein Schwundverlauf, der durch hohe Frequenz bei stoßartigen Amplitudenschwankungen gekennzeichnet ist. Außer dieser geringen Streustrahlung nach Untergängen ($^1/_{10}$ bis $^1/_{100}$ der normalen Feldstärke) beobachteten die Verfasser häufig auch zu den Zeiten, wo gewöhnlich die Untergänge auftraten, Übergänge von normalem Schwund zu starker Streustrahlung. Hierbei entsprach der Mittelwert der Streustrahlung teilweise dem normalen Feldstärkewert. So waren Sender, die sonst abends ihren Untergang hatten, die ganze Nacht über recht lautstark zu hören. Während die nach Untergängen auftretende geringe Streustrahlung durch Streuung an Ionenwolken des E-Gebietes entsteht, kommt die bei Übergängen ohne Untergang vorhandene starke Streustrahlung durch eine Streuung der an der F-Schicht reflektierten Strahlen an Wolken des E-Gebietes zustande, wie die Verfasser auf Grund von Echomessungen folgern. In der F-Schicht findet ein Abflachen des Einfallswinkels statt, wodurch eine Verlagerung der unteren Grenzwelle nach kleineren Werten gegeben ist. Die Verfasser erklären auch so das Zustandekommen von Ultrakurzwellenverbindungen über die Ionosphäre. *B. Bn.*

Theoretische Elektrotechnik

DK 621.3.015.33/.34

Verformung von Stoßwellen durch Längsinduktivitäten oder Querkapazitäten. [Nach H. Lau, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 9 u. 10, S. 507 bzw. 609; 32 S., 21 B.]

Die bekannten Gleichungen, die bei der Verformung einer Wanderwelle eine Rolle spielen, werden auf den durch Funkenüberschlag eingeleiteten Stoßvorgang angewandt. Unter Voraussetzung der Gültigkeit des Toeplerschen Funkengesetzes (Funkenwiderstand $R_F = \frac{k\,s}{q}$, k Funkenkonstante, s Schlagweite, q geflossene Lademenge) wird von der Spannungswelle ausgegangen, die an einer Freileitung oder einem gleichwertigen ohmschen Widerstand Z auftritt, welche unmittelbar an die Klemmen eines einstufigen Stoßgenerators mit der Stoßkapazität K angeschlossen sind. Die Gestalt der unverformten Stoßwelle hängt nur von der Anlagenkonstanten $\gamma = \frac{k\,s}{U}\,\frac{1}{K\,Z}$ ab. (U Zündspannung des Stoßgenerators; $\frac{k\,s}{U}$ „Funkenzeitkonstante" $\approx 4\cdot 10^{-9}$ s; $K\,Z$ Zeitkonstante des Stoßkreises.)

Für die Beeinflussung dieser Welle durch eine Längsinduktivität L bzw. eine Querkapazität C im Zuge der angeschlossenen Freileitung ergibt sich die Lösung in Form einer Integraldarstellung, die sich auch durch Reihen ausdrücken läßt. Zur Berechnung der besonders wichtigen Kenngrößen (Herabsetzung der Spannungshöhe und Verminderung der größten Stirnsteilheit) werden die Reihen zahlenmäßig ausgewertet und außerdem Näherungslösungen angegeben. Zweckmäßig werden dabei 2 Einflußgebiete der Längsinduktivität L bzw. Querkapazität C unterschieden, die durch die Grenze $\frac{1}{\beta} = 1$ getrennt sind, wobei

$$\frac{1}{\beta} = \frac{L}{Z}\,\frac{U}{k\,s} \quad \text{bzw.} = C\,Z\,\frac{U}{k\,s}\,.$$

Bei $\frac{1}{\beta} = 1$ wird $L \approx 2$ µH und $C \approx 10$ pF.

Für kleine L bzw. C, d. h. $\frac{1}{\beta} < 1$, ist eine Absenkung des Höchstwertes der Spannung praktisch nicht vorhanden. Für große L bzw. C, d. h. $\frac{1}{\beta} > 1$, wird die Spannungsabsenkung unter Vernachlässigung des Funkenwiderstandes berechnet. Sein Einfluß wird in Form einer Berichtigung nachträglich berücksichtigt. Diese Berichtigung nimmt nur in der Nähe der Grenze $\frac{1}{\beta} = 1$ und für Stoßkapazitäten kleiner als 10 nF merkliche Ausmaße an.

Bei der Berechnung der größten Stirnsteilheit kann der Funkenwiderstand nicht vernachlässigt werden. Die Ausgangskurve bildet hier die Abhängigkeit der Steilheit von L bzw. C an einer Welle aus unbegrenzt ergiebigem Stoßkondensator. Nur bei kleinen Stoßkapazitäten ($K < 10$ nF) muß daran eine Berichtigung angebracht werden.

Die Messung der größten Stirnsteilheit einer Stoßwelle auf der Wanderwellenleitung und ihrer Absenkung durch kleine Querkapazitäten (bis etwa 50 pF) wurde mit dem Binderschen Steilheitsmesser durchgeführt. Es zeigte sich, daß sich der Übergang eines Funkens an der Meßfunkenstrecke des Steilheitsmessers hier infolge des lichtschwachen Funkens besser mit dem Ohr als mit dem Auge feststellen ließ. Die Meßergebnisse lassen gegenüber der Rechnung für kleine Querkapazitäten (bis etwa 35 pF) eine geringere Abnahme der Steilheit erkennen, die durch die innere Induktivität des Stoßkreises bedingt sein dürfte. Für größere Querkapazitäten zeigt die gemessene Kurve den gleichen Charakter wie die gerechnete. Die Absolutwerte der Rechnung enthalten jedoch noch die für den vorliegenden Fall nicht genügend genau bekannte Funkenkonstante.

DK 621.3.016.2.025

Die Wechselstromleistung in symbolischer Darstellung. [Nach H. Voigt, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 32 (1941) S. 27; 3 S., 3 B.]

An zahlreichen Schrifttumstellen wird gezeigt, daß man in der symbolischen Rechnung bisher die physikalisch nicht zu begründende Einführung des konjugiert-komplexen Ausdruckes für den Strom- oder Spannungszeiger für notwendig hielt; denn in der üblichen Schreibweise ergab das Produkt $U\,I$ eine Größe ohne physikalischen Sinn, da es nichts mit der mittleren Leistung zu tun hatte und sich in keiner Weise zu dem Ausdruck für die Wirkleistung in Beziehung setzen ließ. Dagegen ergab sich gerade die mittlere Leistung als reeller Teil des Produktes des einen Faktors (Spannungszeiger) mit der zum andern Faktor (Stromzeiger) konjugiert-komplexen Zahl. Diese Schwierigkeiten können durch eine zweckmäßige Schreibweise der symbolischen Ausdrücke für den Spannungs- und Stromzeiger vermieden werden. Ist φ_u der Nullphasenwinkel des Spannungszeigers, φ_i der des Stromzeigers und φ der Phasenverschiebungswinkel zwischen Strom- und Spannungszeiger, dann ist $\varphi_i = \varphi_u \pm \varphi$. Das Produkt des Spannungszeigers $\dot{U} = U\underline{/\varphi_u}$ und des Stromzeigers $\dot{I} = I\underline{/\varphi_i}$ ergibt die Scheinleistung $\dot{N}_s = U\,I\underline{/2\,\varphi_u \pm \varphi} = U\,I\underline{/2\,\varphi_i \mp \varphi}$. Da der im Ausdruck für die Scheinleistung erscheinende Nullphasenwinkel $2\,\varphi_u$ bzw. $2\,\varphi_i$ ohne physikalische Bedeutung ist, weil die Leistung keine gerichtete, sondern eine skalare Größe ist, so ergibt sich als Regel für die symbolische Darstellung der Wechselstromleistung: Das Produkt der symbolischen Ausdrücke für die Effektivwerte von Spannung und Strom ergibt, wenn man $\varphi_u = 0$ bzw. $\varphi_i = 0$ setzt, was ja lediglich eine Drehung des ganzen Zeigerschaubildes um diesen Winkel bedeutet, für die Scheinleistung eine komplexe Zahl, deren reeller Teil die Wirkleistung und deren imaginärer Teil die Blindleistung darstellt. *eb.*

Physik

DK 537.523.5

Versuche an einem mit pulsierendem Gleichstrom betriebenen Abreißbogen. [Nach W. Meyer-Eppler u. W. Koehler, Arch. Elektrotechn. 35 (1941) H. 10, S. 603; 6 S., 8 B.]

Bei der quantitativen Spektralanalyse von Leichtmetallen wurde bisher mit gutem Erfolg eine periodisch unterbrochene und wieder gezündete Bogenentladung („Abreißbogen") benutzt. In der vorstehenden Arbeit werden Versuche mit einer Anordnung beschrieben, die ohne mechanisch bewegte Teile auch bei großen Stromstärken betriebssicher arbeitet, dabei aber eine Änderung des Verhältnisses Brenndauer zu Abkühlpause gestattet. Die Wirkungsweise des Geräts ist folgende: Der zum Betrieb der Bogenentladung erforderlichen Gleichspannung wird eine Wechselspannung von einer solchen Amplitude überlagert, daß die Brennspannung des Bogens unterschritten wird und Löschung erfolgt. Eine gleichzeitig zwischen den Elektroden übergehende hochfrequente Entladung geringer Stromstärke sorgt dafür, daß die Bogenentladung nach Wiederkehr der Spannung erneut einsetzt. Wird zur Überlagerung 50periodiger Wechselstrom benutzt, dann läßt sich die Dauer einer Einzelentladung durch Verändern der Gleich- oder Wechselspannung zwischen

0,004 und 0,015 s je Wechselstromperiode variieren, entsprechend einem Verhältnis 1 : 4 bis 4 : 1 von Brenn- zu Löschdauer. Verwendet man wassergekühlte Elektroden, dann lassen sich bei gleichzeitig vorhandener neutraler Gasatmosphäre auch bei Aluminium ausreichende Belichtungszeiten ohne Zwischenbearbeitung der Elektroden erzielen.

DK 537.322.3

Neuartige Thermokräfte im einmetallischen Kreis und ihr Zusammenhang mit dem Benedickseffekt. [Nach M. Kohler, Ann. Phys., Lpz. 38 (1940) S. 542; 13 S., 2. B.]

Holm und Meißner haben gezeigt, daß zwei sich berührende Metalle einen nahezu temperaturunabhängigen elektrischen Übergangswiderstand besitzen, der in der neueren Theorie durch Heranziehen des Tunneleffekts erklärt wird. M. Kohler untersucht nun den Fall, daß zwischen den beiden Kontaktmetallen nicht nur eine Potentialdifferenz, sondern auch ein Temperaturunterschied besteht. Die Rechnung ergibt einen thermischen Übergangswiderstand, der mit abnehmender Temperatur proportional zu $1/T$ zunimmt. Im Kontakt findet bei endlichem Wärmestrom ein Temperatursprung statt, der proportional zum Wärmestrom und zum Kontaktwiderstand ist. Während ein solcher Temperatursprung noch nicht beobachtet wurde, ergibt die Theorie weiter, daß in einem einmetallischen Kreis, der einen Kontakt enthält, Thermokräfte auftreten, die proportional zum Temperatursprung im Kontakt sind. Unter der Annahme, daß der Durchlässigkeitskoeffizient klein gegen 1 ist, und unter der Voraussetzung höherer Temperaturen ergibt sich für die Thermokraft

$$\frac{\pi^2}{3}\,\frac{k^2}{e}\,\frac{T}{\zeta_0}\,\Delta T\,(\Lambda - L).$$

Darin ist k die Boltzmannsche Konstante, e die Elektronenladung, T die absolute Temperatur, ζ_0 die Fermische Grenzenergie. Die Größe Λ bestimmt den Thomsonkoeffizienten des homogenen Metalles; er ist gegeben durch

$$\mu = \frac{\pi^2}{3}\,\frac{k^2}{e}\,\frac{T}{\zeta_0}\,\Lambda.$$

L ist eine reine Zahl, deren Wert mit dem Durchlässigkeitskoeffizienten zusammenhängt. Die Thermokraft muß besonders groß werden, wenn bei einem Drosselkreuz zwei dünne Drähte aus demselben Metall, die sich auf stark verschiedener Temperatur befinden, übereinander gelegt werden. Die hohe Temperaturdifferenz vergrößert den Wärmestrom und die kleine Berührungsfläche den Kontaktwiderstand. Ist $|L| < |\Lambda|$, so muß die Thermokraft dasselbe Vorzeichen wie der Thomsonkoeffizient haben. Bei positivem Λ (Alkalimetalle, negativer Thomsonkoeffizient) fließt der Thermostrom im Galvanometer von der kalten zur warmen Seite des Kontakts; bei negativem Λ (Cu, Ag, Au, positiver Thomsonkoeffizient) umgekehrt. Dies entspricht den experimentellen Feststellungen von Benedicks, die bisher von der Elektronentheorie der Metalle noch nicht erfaßt wurden. *Br.*

DK 535.215 : 621.383.2

Abgeschmolzene Hochvakuumphotozelle für ultraviolettes Licht. [Nach C. Brinkmann, Z. Instrumentenkde. 60 (1940) S. 369; 2½ S., 2 B.]

Die Messung der Elektronenmenge, die durch ultraviolette Strahlung an Metallen ausgelöst wird, erfordert sehr gute Isolation. Da bei atmosphärischem Luftdruck kein Sättigungswert der Emission erreicht wird, muß die Messung unter Hochvakuum ausgeführt werden. Ein wiederholtes Auspumpen des Meßgefäßes zeigt aber infolge der wechselnden Gas- und Feuchtigkeitsbeladung der Kathode starke Schwankungen der Emission. Daher bildet C. Brinkmann die Meßkammer so aus, daß sie ausgeglüht und abgeschmolzen werden kann. Die sonst verwendete Bernsteinisolation muß dann durch Quarzglas ersetzt werden, dessen etwas geringere Isolationsfähigkeit durch Ausbilden eines besonders langen Kriechweges ausgeglichen wird. Bild 6 zeigt die Form des Quarzgefäßes und das zum Austrocknen der äußeren Isolationswege und zum Abschirmen dienende Metallgehäuse. Das Licht fällt durch ein geschliffenes und poliertes Quarzfenster und durch die gitterförmige Anode auf die in 1,5 mm Abstand liegende Kathode aus Aluminium, deren freie Fläche 13,3 cm² beträgt. Kurz hinter der Anode befindet sich an der Innen- und Außenwand je ein geerdeter Metallring, der die durch die Anodenspannung bedingten

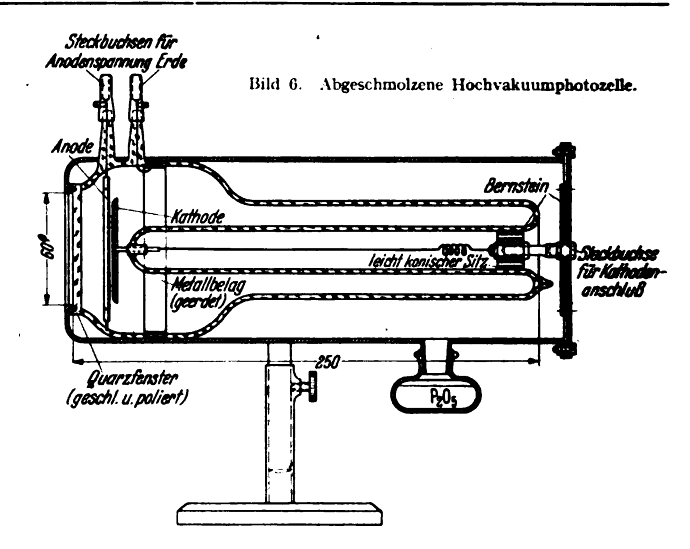


Bild 6. Abgeschmolzene Hochvakuumphotozelle.

Kriechströme abfängt. Der lange Kriechweg zwischen diesem Belag und der Kathode ist daher nur mit der Spannung zwischen Erde und Kathode von etwa 10 V beansprucht. Der auf diese Weise erreichte Isolationswiderstand beträgt etwa $10^{16}\,\Omega$. Bei einer Kapazität von 23 pF ist die Zeitkonstante angenähert $2 \cdot 10^5$ s. Damit können noch Ströme von 10^{-14} A, also eine Elektronenemission von etwa 10^{-15} A/cm², bequem gemessen werden. Die Empfindlichkeit ist weitgehend konstant. *ue.*

DK 537.59 : 551.51

Zum Grundproblem der atmosphärischen Elektrizität. [Nach G. Michel, Z. Phys. 117 (1941) S. 205; 8 S., 3 B.]

Der negativen Oberflächenladung der Erde steht bekanntlich eine positive Raumladung der Atmosphäre gegenüber. Würden jedoch nicht dauernd positive Ladungsträger irgendwie neu erzeugt, so müßte der zur Erde fließende positive Ionenstrom die Oberflächenladung in kurzer Zeit ausgleichen. Dieser Vorgang ist aber bisher noch nicht befriedigend geklärt. Geht man nun davon aus, daß der jeweilig von der Sonne durchstrahlte Teil der Stratosphäre gegenüber dem im Schattenbereich liegenden sich stets in einem erhöhten Ionisationszustand befindet, so kann er als ein elektrischer Leiter aufgefaßt werden, der die beiden Pole der Erde miteinander verbindet. Dieser Leiter macht die Eigendrehung der Erde nicht mit, sondern befindet sich nach dem Gesagten stets an dem Ort des von der Sonne ausgehenden Strahlenkegels. Der Verfasser zeigt an einem Ersatzschaltbild das Übereinstimmen dieser Anschauung mit dem Unipolargenerator von Faraday. Danach muß nun ein positiver Strom von den Polen ausgehend in die Stratosphäre treten und von dort in Richtung des Äquators zur Erde zurückfließen. Die Erdoberfläche zwischen den Polen wird also negativ, an den Polen dagegen positiv. Die zur Drehungsachse senkrechten Komponenten des Erdmagnetismus sind von geringerer Bedeutung; sie erzeugen Wechselströme, auf deren Zusammenhang mit den in Telegraphenkabeln gemessenen Erdströmen hingewiesen wird. In der Stratosphäre der Pole ist eine starke negative Raumladung anzunehmen. Zusammen mit der positiven Ladung der Polfläche ergibt sich hier ein starkes Potentialgefälle. Durch Strahlungsänderungen der Sonne oder Schwankungen des Erdmagnetismus kann es natürlich auch zu starken Änderungen der Raumladung kommen, die dann leicht zu leuchtenden Erscheinungen führen können, die als Polarlicht bekannt sind. *Brk.*

AUS LETZTER ZEIT

Luzern–Brünig–Meiringen elektrisch. — Mitte November 1941 wurde der elektrische Betrieb auf der 45 km langen Brüniglinie aufgenommen. Dem Verkehr dienen 16 elektrische Gepäcktriebwagen, die für die Adhäsions (Tal)-Fahrt 4 Motoren in den beiden außen liegenden Drehgestellen und für die Zahnstangen(Berg)-Fahrt zwei Zahnstangen-Triebmotoren im mittleren zweiachsigen Zahnrad-Triebgestell besitzen. Bei der Bergfahrt sind alle Motoren eingeschaltet. Die Vorarbeiten für die Elektrisierung der Strecke Meiringen–Interlaken (29 km) sind bereits in Angriff genommen.

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 181000
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84

Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke

In § 11 von VDE 0430/XI. 39 „Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke" wird folgender Druckfehler richtiggestellt:

§ 11

b) Tafel VI. Scheitelwerte der Überschlagspannungen in kV für einpolige Erdung bei 20° C und 760 Torr für positive Stoßspannung und für positive Gleichspannung.

Der zu dem Kugeldurchmesser $D = 10$ cm und der Schlagweite $s = 4$ cm gehörende Spannungswert wird von 103 in 109 kV geändert.

Diese Berichtigung ist in der ab 1. Januar 1942 gültigen Änderung VDE 0430 a/XII. 41 berücksichtigt worden.

Sicherheitsgrad, Wandler, Transformatoren, Wechselstrom-Hochspannungsgeräte

Die Ausschüsse für den elektrischen Sicherheitsgrad, Wandler, Transformatoren, Wechselstrom-Hochspannungsgeräte haben einige Änderungen an VDE 0111, 0414, 0532 und 0670 vorgenommen, die als Sonderdrucke

VDE 0111 a/XI. 41 „Leitsätze für den elektrischen Sicherheitsgrad von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber",
VDE 0414 b/XII. 41 „Regeln für Wandler",
VDE 0532 a/XI. 41 „Regeln für Transformatoren",
VDE 0670 b/XI. 41 „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte"

veröffentlicht und zum Preise von je RM 0,10 durch die ETZ-Verlag G.m.b.H. zu beziehen sind.

Die Änderungen wurden vom Vorsitzer des VDE im November bzw. Dezember 1941 genehmigt und mit Wirkung ab 1. Januar 1942 in Kraft gesetzt.

Steuergeräte

Die Normengruppe Preßstoffteile der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie hat einen Entwurf zu einer Neubearbeitung des Normblattes DIN VDE 6010 unter der Bezeichnung

DIN 46010 „Handgriffe für Seilzug"

ausgearbeitet.

Die Neubearbeitung ist dadurch bedingt, daß der Handgriff nach DIN VDE 6010 (Ausgabe November 1924) nicht mehr den Anforderungen entspricht, die heute in bezug auf ihre Griffigkeit an solche Bedienteile gestellt werden. Deshalb ist eine neue Form dafür entwickelt worden, die außer den Abweichungen von der bisherigen Ausführung an beiden Enden eine Aufhängeöse hat. Sie wird in zwei Varianten vorgeschlagen, von denen eine endgültig genormt werden soll. Der unter „Ausführung" vorgeschriebene Farbton kann durch Färben des Preßstoffes oder durch Lackieren nach Wahl des Herstellers erreicht werden, dem auch die Wahl des Preßstoffes (Typ 2 oder Typ 7) überlassen bleibt.

Vorabzüge des Entwurfs können von der Geschäftstelle des VDE bezogen werden.

Begründete Einsprüche gegen den Entwurf sind bis zum 1. Februar 1942 an die Geschäftstelle des VDE einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Geschäftsführer
Viefhaus

Neu erschienene Normblätter für Elektrotechnik

Die nachstehend aufgeführten Normblätter bzw. Einheitsblätter sind letzthin erschienen und können vom Beuth-Vertrieb G. m. b. H., Berlin SW 68, Dresdener Str. 97, bezogen werden.

Isolierstoffe

DIN 40680 Keramische Isolierteile; Toleranzen, Maßeintragung: Richtlinien (Oktober 1941).

Sicherungen für Nachrichtentechnik

DIN E 41575 Schmelzeinsätze 250 V (Juli 1941).
DIN E 41576 Schmelzeinsätze 500 V (Juli 1941).
DIN E 41578 Schmelzeinsätze 2500 V (September 1941).
DIN E 41579 Rücklötbare Sicherungen (August 1941).

Fernmelde-Freileitungen

DIN 48140 Isolatoren RMk (November 1941).
DIN 48141 Isolatoren RMd (November 1941).
DIN E 48145 Isolator RMü (November 1941).
DIN E 48350 Leitungsmaste aus Holz (November 1941).

Installationsrohre

DIN VDE 9026 U Pb-Falzrohr mit Mantel aus verbleitem Stahlblech (2. Ausgabe Juni 1941).

Installationsmaterial; Leitungsschutzsicherungen

DIN 40406 Blatt 2 Gewindelehrringe für Gewinde E 16, Arbeitslehre (Oktober 1941).
DIN 49312 D-Sicherungssockel R 1¼" 100 A 500 V mit rückseitigem Anschluß (Oktober 1941).
DIN 49313 D-Sicherungssockel R 2" 200 A 500 V mit rückseitigem Anschluß (Oktober 1941).
DIN 49315 D-Sicherungssockel E 16, 25 A 500 V mit rückseitigem Anschluß (2. Ausgabe August 1941).
DIN 49322 D-Sicherungssockel R 1¼" 100 A 500 V mit vorderseitigem Anschluß (Oktober 1941).
DIN 49323 D-Sicherungssockel R 2" 200 A 500 V mit vorderseitigem Anschluß (Oktober 1941).
DIN 49361 Blatt 1 Lehrringe für D-Schmelzeinsätze und D-Paßeinsätze E 16, E 27 und E 33, 500 V (Oktober 1941).
Blatt 2 Grenzlehrdorne für D-Paßeinsätze E 16, E 27 und E 33, 500 V (Oktober 1941).
Blatt 3 Rachenlehren und Grenzlehren für D-Schmelzeinsätze, D-Paßeinsätze und D-Schraubkappen E 16, E 27 und E 33, 500 V (Oktober 1941).
DIN 49365 Blatt 1 D-Schraubkappen R 1¼" und R 2" 500 V (Juli 1941).
DIN 49366 Blatt 1 Lehrringe für D-Schmelzeinsätze und D-Paßeinsätze R 1¼" und R 2" 500 V (Oktober 1941).
Blatt 2 Rachenlehren und Grenzlehrdorne für D-Schmelzeinsätze und D-Paßeinsätze R 1¼" und R 2", 500 V (Oktober 1941).
Blatt 3 Tiefenlehren für D-Sicherungssockel R 1¼" und R 2" 500 V (Oktober 1941).

Werkstoffe

DIN 1703 Weißmetall für Gleitlager und Gleitflächen (4. Ausgabe August 1941).
DIN 1758 Rundmessing gezogen, ISA-Toleranzfeld j 12 (3. Ausgabe September 1941).
DIN 1763 Sechskantmessing gezogen (2. Ausgabe September 1941).
DIN E 7710 Kunstharz-Preßteile, Toleranzen (August 1941).

Röntgentechnik.

DIN 6805 Vorschriften für den Hochspannungsschutz in nichtmedizinischen Röntgenanlagen (August 1941).

Ärztliche Instrumente.

DIN 13401 Elektrokardiographen (September 1941).

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 I, VDE-Haus
Fernsprecher: 30 06 31

Fachversammlung

des Fachgebietes „Kabeltechnik". Leiter: Direktor Dr.-Ing. E. Kirch VDE.

Vortrag

der Herren Dipl.-Ing. H. W. Leichsenring VDE Berlin, und Obering. E. Dörfel VDE, Berlin, am Dienstag, dem 6. Januar 1942, 18^{00}, im Hörsaal EB 301 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, über das Thema:

„Verhalten von Hochspannungskabelanlagen gegenüber Überspannungen und Kurzschlußströmen".

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebietes „Elektrowärme"
Leiter: Dipl.-Ing. W. Zillmer VDE.

Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. Fr. MörtzschVDE, Berlin, am Donnerstag, dem 8. Januar 1942, 18^{30}, im Hörsaal EB 301 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, über das Thema: „Entwicklung der Elektrowärmegeräte im Kriege"

Eintritt und Kleiderablage frei.

Inhaltsangabe:

Umstellung von Elektrowärmegeräten. — Einsatz von elektrischen Beheizungen bei der Wehrmacht. — Zukunftsentwicklung der Elektrowärmegeräte.

Vortragsreihe

Der VDE Bezirk Berlin veranstaltet in der Zeit vom 9. 1. bis 6. 3. 1942 in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule eine Vortragsreihe des Herrn Professor Dr. W. Heisenberg, Leipzig, über das Thema:

„Die Physik der Atomkerne".

Einzelheiten über Inhalt der Vorträge und über den Kartenverkauf wurden bereits in der ETZ, Heft 50/51, Seite 989, veröffentlicht.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung
Ort: VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.

Allgemeine Elektrotechnik. Leiter: Dr.-Ing. V. Aigner VDE.
5. 1. 1942, 18^{00}, Vortragsreihe: Erdschlußproblem. „Erdschlußortungsverfahren". Vortragende: Dipl.-Ing. F. W. Dörrenberg VDE; Dipl.-Ing. Hans Scheu VDE.

Fernmeldetechnik. Leiter: Dipl.-Ing. P. Mentz VDE.
6. 1. 1942, 18^{00}, Nachrichtennetze. Teil 3: „Verstärker in Fernkabelanlagen". Vortragender: Dr.-Ing. A. Agricola.

Meßtechnik. Leiter: Dr.-Ing. H. F. Grave VDE.
7. 1. 1942, 18^{00}, Vortragsreihe: Lichtmeßtechnik. „Subjektive und objektive Meßverfahren". Vortragender: Dr.-Ing. A. Dresler.

Elektromaschinenbau. Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.
8. 1. 1942, 18^{00}, Vortragsreihe: Sonderformen elektrischer Maschinen. „Polumschaltbare Motoren". Vortragender: Dr.-Ing. E. Tüxen.

Elektrizitätswerke. Leiter: Dipl.-Ing. H. Beling VDE.
9. 1. 1942, 18^{00}, Vortragsreihe: Elektrische Hilfsbetriebe in Kraftwerken. „Hochfrequenztelefonie in Elektrizitätswerken". Vortragender: Obering. W. Rosolleck.

Kabel und Leitungen. Leiter: Obering. Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.
12. 1. 1942, 18^{00}, Vortragsreihe: Betrieb von Starkstromkabelnetzen. „Kurzschlußströme bei Kabeln und Kabelgarnituren". Vortragender: Obering. E. Dörfel VDE.

Elektrische Bahnen. Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.
13. 1. 1942, 18^{00}, Vortragsreihe: Städtische Verkehrsmittel. „Untergrund- und Überlandbahnen". Vortragender: Dipl.-Ing. G. Wünsche VDE.

Stromrichter. Leiter: Dr.-Ing. habil. W. Schilling VDE.
14. 1. 1942, 18^{00}, Vortragsreihe: Sonderfragen der Stromrichterelektrotechnik. 1. „Messungen an Stromrichteranlagen". Vortragender: Dr.-Ing. H. Anschütz VDE.

Elektrophysik. Leiter: Dr.-Ing. F. Hauffe VDE.
15. 1. 1942, 18^{00}, **Technische Hochschule Berlin, Seminarraum des Instituts für Mechanik (Lehrstuhl Prof. Kucharski), Gebäude Nr. 8, I. Stock, Garten, Ostseite.** Vortragsreihe: Elektroakustik. „Ultraschall". Vortragender: Dipl.-Ing. H. Goetz.

VDE Bezirk Berlin
vorm. Elektrotechnischer Verein
Der Geschäftsführer
Burghoff

Sitzungskalender

VDE Bezirk Danzig-Westpreußen. 13. 1. (Di), 19^{15}, T. H.: „Elektroschweißung im Schiffbau" (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. Hentze.

VDE Bezirk Mark Brandenburg, Frankfurt a. O. 16. 1. (Fr), 19^{30}, Hotel „Nürnberger Hof": Sprechabend mit einem Referat aus der RDT über „Technische Bataillone im Osten, Instandsetzung von Versorgungsbetrieben".

VDE Bezirk Niederschlesien, Breslau. 13. 1. (Di), 20^{00}, T. H.: „Stromrichter und ihre Anwendung". Prof. Dr.-Ing. E. Kübler VDE.

VDE Bezirk Ostpreußen, Königsberg. 5. 1. (Mo), 20^{00}, Inst. f. Experimentalphysik: „Fragen der Spannungshaltung". Prof. Dipl.-Ing. H. Roth VDE.

VDE Bezirk Südbayern, München. 14. 1. (Mi), 19^{30}, T. H.: „Druckgasschalter" (m. Lichtb.). Obering. O. Mayr VDE.

VDE Bezirk Bayerische Ostmark. 1. Hof. 9. 1. (Fr) 19^{30}, Gasthof Alter Bahnhof: „Elektr. Betriebsausrüstungen in der Textilindustrie". Obering. Stein. 2. Deggendorf. 10. 1. (Sa) 19^{30}, Garbereder Saal: „Bau und Betriebsverhalten elektrischer Leichtmetallmaschinen". Dr.-Ing. Schanz. 3. Straubing. 16. 1. (Fr) 19^{30}, Kulturhaussaal: „Bau und Betriebsverhalten elektrischer Leichtmetallmaschinen". Dr.-Ing. Schanz.

VDE Bezirk Nordbayern, Nürnberg. 9. 1. (Fr), 19^{30}, Vortragssaal der Werke und Bahnen, Blumenstr. 16: Jahresvers. „Aufbau und Schutz neuzeitlicher Industrie-, Hoch- und Niederspannungsnetze unter Berücksichtigung der Verbundwirtschaft" (m. Lichtb.). Dir. Westerhoff VDE.

VDE Bezirk Nordmark, Kiel. 9. 1. (Fr), 18^{00}, Phys. Institut der Universität, Fleckenstr. 16: „Einsatz und Austausch des Kupfers in der Starkstromtechnik". Dr.-Ing. Müller-Hillebrandt VDE.

VDE Stützpunkt Plauen. 12. 1. (Mo), 19^{30}, Ratskeller: „Zink in der Elektrotechnik". (Mit Lichtb.). Obering. Barbier.

VDE Bezirk Südsachsen, Chemnitz. 9. 1. (Fr), 19^{00}, Staatl. Akademie für Technik: „Lichttechnische Gestaltung von Arbeitsräumen". Obering. Wittig.

VDE Bezirk Weser-Ems, Bremen. 5. 1. (Mo), 18^{00}, (gemeinsam mit VDI), Atlantissaal: „Die neuere Entwicklung der Scheinwerfertechnik" (m. Lichtb. u. Film). Obering. Dr. W. Rohloff VDE.

Fachgruppe Energiewissenschaft, Arbeitskreis Lichttechnik, Gauwaltung Wien. 12. 1. (Mo), 18^{00}, Haus der Technik: „Metalldampflampen, ihre Theorie und praktische Anwendung". Dipl.-Ing. A. v. d. Gastel VDE.

Fachgruppe Energiewissenschaft, Gauwaltung Wien. 14. 1. (Mi), 18^{00}, Haus der Technik: „Elektrische Kraftmaschinenregelung für Leistung und Frequenz". Dipl.-Ing. Stössinger VDE.

Gesellschaft für Korrosionsforschung und Werkstoffschutz im Verein Deutscher Chemiker e. V., Berlin. 13. 1. bis 24. 2., T. H. Berlin: Vortragsreihe „Korrosion und Korrosionsschutz". Beginn 18^{00}. Teilnehmergebühr für die ganze Vortragsreihe 5 RM, für den Einzelvortrag 2 RM. Näheres durch die Geschäftstelle der Gesellschaft Berlin-Pankow, Parkstr. 20. Fernspr. 48 42 75.

EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten]

Bücher

Kleines deutsch-russisches technisches Wörterbuch. Bearb. v. Dipl.-Ing. H. Koch. Mit 176 S. im Format A 6. Ost-Europa-Verlag, Königsberg (Pr.) und Berlin 1941. Preis kart. 1,50 RM.

[Als Einleitung werden das russische Alphabet, die wichtigsten Regeln über die Aussprache einzelner uns zum Teil ungeläufiger Laute, sowie Zahlwörter, Zeit-, Geld-, Maß- und Gewichtsangaben gebracht. Das etwa 6000 Wörter enthaltende deutsch-russische Wörterverzeichnis umfaßt alle Gebiete des technischen Lebens. Die ungekünstelt wiedergegebene Aussprache der Wörter ist allgemein verständlich. Als Abschluß werden einige der gebräuchlichsten Redewendungen des alltäglichen Lebens gegeben. Die handliche Taschenform wird mit dazu beitragen, das Buch zu einem gern gesehenen Begleiter unserer Techniker zu machen, die in den von uns im Osten besetzten Gebieten bemüht sind, das Leben wieder in geregelte Bahnen zu bringen.] *Wh.*

Kraft durch Freude-Kalender 1942. Herausg.: NS.-Gemeinschaft „Kraft durch Freude" in der DAF. Abreißkalender mit 24 Postkarten und 42 Bildblättern im Format 210 × 205 mm. Verlag der Deutschen Arbeitsfront G.m.b.H., Berlin 1941. Preis 2 RM.

The Hokkaido Imperial University Calender 1940 bis 1941. Mit 203 S. im Format 130 × 195 mm. Hokkaido Imperial University, Sapporo (Japan), 1941.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

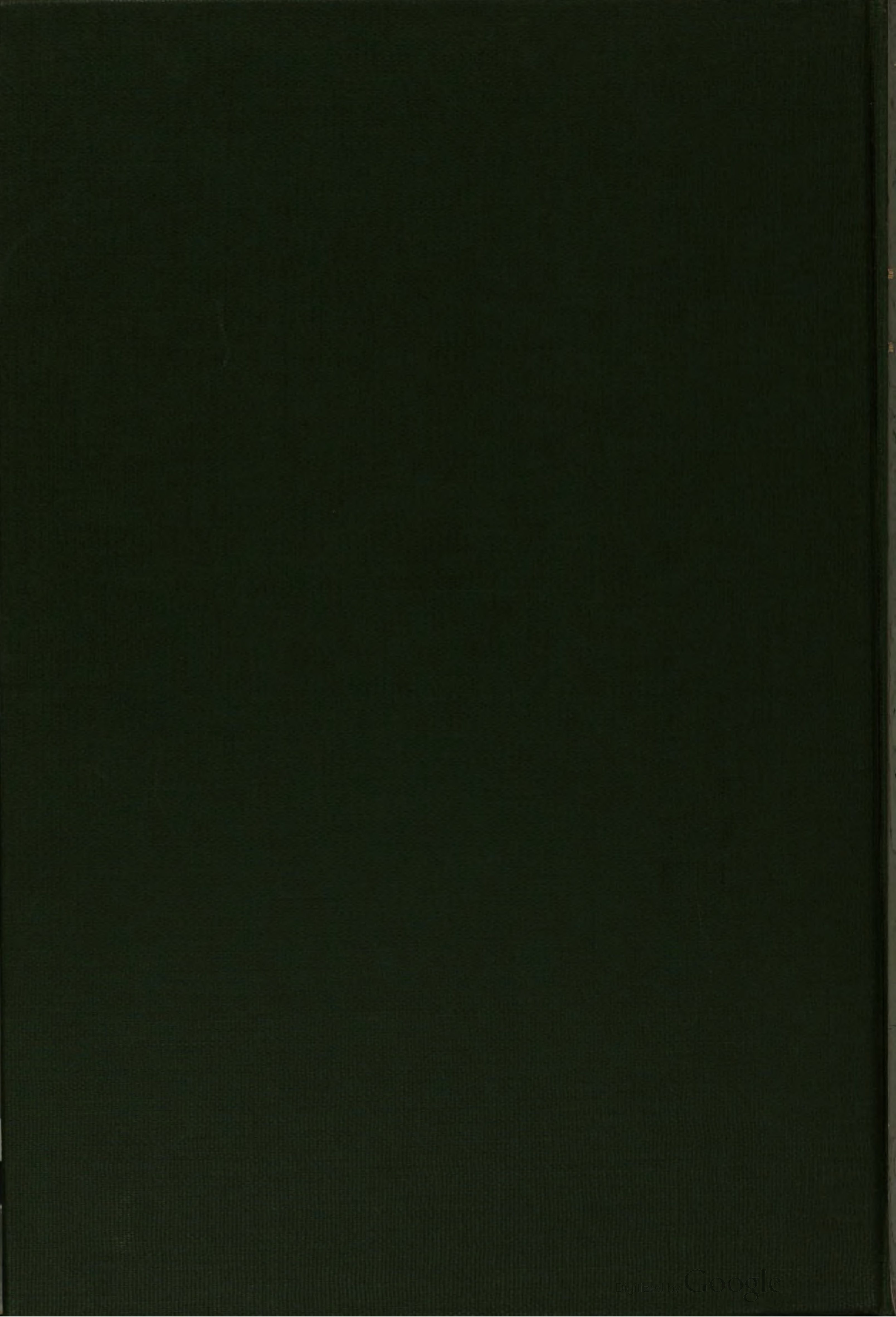
Dr. H. König, Berlin-Pankow, Pestalozzistr. 23
Dr. J. Kühne, Berlin-Grunewald, Kudowa-Str. 28
Dipl.-Ing. W. Nürnberg VDE, Berlin-Weissensee, Schönstr. 16

Abschluß des Heftes: 24. Dezember 1941

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4. Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

E T Z
ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

52/53. HEFT · 62. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH SPRINGER-VERLAG BERLIN W9
(993—1016) 31. Dezember 1941